

Univerzita Karlova v Praze
Přírodovědecká fakulta
Ústav pro životní prostředí



**Současný výskyt světlíků (*Euphrasia*) v Krkonoších a zhodnocení vlivu doby seče
na jejich početnost**

**Current occurrence of eyebright (*Euphrasia*) in the Krkonoše (Giant) Mountains and
the evaluation of the effect of the time of mowing**

Diplomová práce

Řešitel: Jan Blahník

Obor: Ochrana životního prostředí

Školitel: Prof. RNDr. František Krahulec, CSc.

Konzultant: doc., Ing., Mgr., Jan Frouz, CSc.

Květen, 2012

Poděkování

Chtěl bych poděkovat mému školiteli, panu prof. RNDr. Františku Krahulcovi, CSc. za jeho vstřícnost a ochotu při konzultacích diplomové práce, za poskytnutí materiálů, připomínky a podněty k práci. Velké poděkování patří také panu doc. Ing. Mgr. Janu Frouzovi, CSc., který byl mým konzultantem a který mi poskytl podmínky pro analýzu půd a rovněž mi velice pomohl se zpracováním dat. Další dík patří Ing. Tomáši Janatovi ze Správy KRNP za pomoc při vytipování lokalit pro managementové pokusy. Dále panu Mgr. Stanislavu Březinovi, Ph.D. za dopravu po Krkonoších a pomoc při určování druhů světlíků. Nemalý dík patří také paní RNDr. Ireně Špatenkové za poskytnutí informací z botanického inventáře rostlin KRNP. Velké poděkování patří také hospodářům panu Liboru Novotnému, panu Mačovi a panu Schreiberovi, kteří mi dovolili uskutečnit managementové pokusy na loukách, které vlastní nebo mají v pronájmu. Panu Liboru Novotnému také děkuji za poskytnutí pastevecké pásy, panu Schreiberovi za poskytnutí izolátorů. Děkuji také své babičce, paní Vlastě Benešové, za pomoc při překladech.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně s využitím uvedené literatury a informací, na něž odkazuji. Svoluji k jejímu zapůjčení s tím, že veškeré (i přejaté) informace budou řádně citovány. Rovněž prohlašuji, že předložená diplomová práce je totožná s elektronickou verzí vloženou do SIS.

Datum:

Podpis:

Abstrakt

Při vytváření Černého a červeného seznamu květeny Krkonoš bylo zjištěno, že není známo současné rozšíření ani další údaje o světlících (*Euphrasia*) v Krkonoších. Cílem této práce bylo zaplnit tuto mezeru v poznání. Dosaženo toho mělo být vytvořením vrstvy GIS se současným rozšířením světlíků v Krkonoších, analyzováním půd odebraných v místech výskytu světlíků a v místech těmto blízkým a co nejvíce podobným avšak bez světlíků a určit faktory ovlivňující výskyt světlíků pomocí diskriminanční analýzy. Půdy byly odebírány vždy z pěti míst dané lokality a byly analyzovány jako směsný vzorek. Celkem bylo odebráno 107 směsných půdních vzorků, z toho 53 na místech s výskytem světlíků a 54 na místech podobných, ale bez výskytu světlíků. Světlíky se vyskytují spíše na půdách s nižší koncentrací fosforu, místech s vyšším pH.

Na vybraných plochách byly uskutečněny managementové pokusy testující vliv doby seče na počet kvetoucích světlíků.

Managementové pokusy byly prováděny od června do července 2011 na šesti lokalitách o pěti plochách ve východních a západních Krkonoších v nadmořských výškách od 660 m do 1002 m na jižních, jihozápadních, východních a západních expozicích a půdách s pH od 5,78 do 7,65 a dostupným fosforem v koncentracích od téměř nulových až po 2,76 mg/kg.

Termín seče výrazně ovlivňuje počet kvetoucích jedinců, čím dříve byla louka se světlíky posečena, tím více kvetoucích světlíků zde bylo nalezeno. Pro udržení počtu světlíků, které jako hemiparazité mohou pozitivně působit na biodiverzitu lučních společenstev, doporučujeme sekat louky kolem půli června a odstraňovat travní hmotu.

Klíčová slova: světlík, termín seče, management lučních ekosystémů, environmentální proměnné, Krkonoše

Abstract

At the time the Black and Red List of the Vascular Plants of the Krkonoše (Giant) Mountains was being compiled it was found that no information was available about the distribution of eyebright (*Euphrasia*) or other facts concerning this hemiparasite growing in the Krkonoše. The aim of this work was to fill the gap. This was to be done by creating a GIS layer with the current distribution of eyebright in the mountains, by analysing the soils taken in places of eyebright occurrence, in neighbouring places and those closely resembling them but without eyebright. The soils were taken each time from five places in the particular locality and were analysed as a mixed sample. In all, 107 mixed soil samples were taken, of which 53 in places where eyebright occurred and in 54 similar places where eyebright was absent. Eyebright grows in places with a higher pH and it performs better in lower available phosphorus concentration. Management test was used to test the earlier time of mowing meadows containing eyebright, when a larger number of flowering eyebright occurs among the plants in comparison with the number of flowering eyebright on surfaces mown at a later time.;

Management testing was carried out from June to July 2011 in six localities, with five plots in each locality, in the Eastern and Western Krkonoše, at altitudes of from 660 m a.s.l. to 1002 m a.s.l. on south-, south-west-, east- and west-exposed hills with soils showing a pH of from 5.78 to 7.65 and with available phosphorus in concentrations of from nearly zero up to 2.76 mg/kg.

The sooner the meadow with eyebright was mown, the more flowering eyebright individuals were found. To help maintain the numbers of eyebright we recommend to mow the meadows at around mid-June and to remove the biomass.

Key words: eyebright, mowing time, meadow ecosystem management, environmental variables, the Krkonoše (Giant) Mountains

Obsah

1. Úvod.....	7
1.1. Cíle práce.....	8
2. Literární přehled.....	9
2.1. Stručná charakteristika světlíků.....	9
2.2. Ohrožení světlíků.....	9
2.3. Světlíky v Krkonoších – rozdílnost české a polské strany hor.....	10
2.4. Taxonomické pojetí světlíků.....	11
2.5. Charakteristika světlíků udávaných z Krkonoš.....	12
3. Materiál a metodika.....	18
3.1. Analyzování vzorků půdy.....	18
3.1.1. Homogenizace vzorků půdy.....	18
3.1.2. Loss on ignition (ztráta žháním).....	18
3.1.3. Spektrofotometrické stanovení dostupného fosforu v extraktu půd dle MehlichaIII.	18
3.1.4. Stanovení pH a konduktivity půdních vzorků.....	22
3.2. Zpracování dat.....	22
3.3. Managementové pokusy.....	23
3.3.1. Výběr ploch pro managementové pokusy.....	23
3.3.2. Založení výzkumných ploch.....	23
3.3.3. Popis a průběh managementových pokusů.....	24
3.3.4. Sčítání kvetoucích světlíků.....	25
3.4. Sběr rostlin a vzorků půdy.....	26
4. Výsledky.....	28
4.1. Výskyt světlíků v závislosti na environmentálních proměnných.....	28
4.2. Vliv managementu na početnost světlíků.....	34
4.3. Současný výskyt světlíků.....	40
5. Diskuse.....	42
5.1. Problematika světlíků v literatuře.....	42
5.2. Managementové pokusy v literatuře a srovnání s našimi poznatky.....	43
5.3. Naše výsledky.....	48
5.4. Námi nalezené druhy světlíků ve srovnání s údaji z literatury.....	50
6. Závěr.....	53
7. Seznam použité literatury.....	54

8. Přílohy.....	57
-----------------	----

1.Úvod

Při zpracování botanických údajů o ohrožených druzích krkonošské květeny bylo zjištěno, že není známo současné rozšíření světlíků (*Euphrasia*) ani další údaje o nich (Štursa et. al. 2009). Úkolem této diplomové práce bylo pokusit se zaplnit tuto mezeru v poznání. Světlíky jsou citlivé na správné obhospodařování luk, eutrofizaci a acidifikaci. V posledních dekáдах si mnozí autoři všimli, že jejich výskyt je již méně hojný, (např. Smejkal & Dvořáková, 2000). I autor této práce se kloní k tomuto názoru, neboť podle údajů floristického inventáře Správy KRNAP prošel v roce 2011 několik desítek míst, kde byl zaznamenán výskyt různých druhů rodu *Euphrasia* ještě v minulé dekádě, avšak na mnoha z nich již světlíky nenalezl. Jak bude dále zmíněno, světlíky a další hemiparazité mohou sloužit jako deštníkové druhy pro konkurenčně slabé rostliny. Poznání některých ekologických nároků nám může pomoci nalézt způsob, jak vhodně pečovat o louky s výskytem světlíků, a poznatky, zjištěné na nejhojnějším druhu *Euphrasia rostkoviana*, mohou být vztaženy i na druhy vzácnější. Inspirací pro část náplně této práce bylo pozorování, kdy byla plocha se světlíky posekána ve dvou etapách, přičemž na dříve posečené části se následně objevil hustý porost kvetoucích světlíků, zatímco později sečený porost byl téměř bez světlíků. Cílem této práce bylo zjistit, jestli se tato skutečnost zakládá na nějakém pravidlu nebo zdali se jednalo o náhodu. Druhým pozorováním byla skutečnost, že světlíky preferují v současnosti okraje vápencem sypaných cest. Cílem tedy bylo zjistit především pH půd, na kterých se světlíky vyskytují. Práce měla dvě praktické části. Prvou z nich byly managementové pokusy, při kterých byly v různých termínech sekány plochy, a poté na nich spočítány kvetoucí rostliny. Druhou praktickou částí byl odběr půdních vzorků v místech výskytu světlíků a pro srovnání i míst těmito podobných, avšak bez výskytu světlíků. Všechny tyto plochy byly zaměřeny GPS.

Přínos této práce spočívá ve čtyřech rovinách. Vzhledem k tomu, že světlíky jsou jednoleté rostliny, managementové pokusy mají jasné výsledky již po prvním roce seče. Všechny druhy světlíků mají i podobné nároky, takže výsledky mohou být zobecněny pro ostatní druhy světlíků. Výskyt světlíků vzhledem ke změnám v hospodaření klesá. Problémem může být nejen nesečení či mulčování lučních enkláv, ale i naopak nadměrné sekání. Tyto výsledky mohou posloužit pro ty hospodáře, kteří by chtěli na svých či pronajatých pozemcích podpořit růst a rozmnožování světlíků. Výsledky mohou být využity i pro farmaceutické účely, neboť světlíky jsou léčivé rostliny, a tato práce může poradit, jak jim poskytnout optimální podmínky. Třetím přínosem je i zmapování pH a dalších parametrů půd na různých místech v Krkonoších. Místa odběru vzorků jsou zaměřena GPS, a tak zde existuje možnost odběru

půd na těchto místech za určitou časovou periodu a srovnání stavu měřených parametrů s rokem 2011. Řada dalších druhů je ohrožena změnou obhospodařování luk, a tak tyto poznatky získané na běžných druzích je možno využít při managementu druhů vzácných. Navíc přítomnost hemiparazitů může zvyšovat diverzitu luk, potlačí-li parazitické rostliny konkurenčně silnější hostitelské druhy (např. Callaway & Pennings, 1998; Davies, Graves, Elias, & Williams, 1997). I z tohoto důvodu je důležité vědět, jak obhospodařovat plochy s výskytem hemiparazitů.

1.1. Cíle práce

Cílem práce je získat aktuální informace o výskytu a ekologických nárocích světlíků v Krkonoších. Bude vytvořena vrstva GIS s výskytem jednotlivých druhů světlíků, fytoocenologické snímky v místě uskutečněných managementových pokusů. Cílem práce je zjistit, jaký vliv má termín seče na kvetení světlíků. Dále budou informace uvedené u charakteristik jednotlivých druhů porovnány s námi zjištěnými hodnotami. Budou testovány tři základní hypotézy:

- 1) Čím dříve je posekán porost se světlíky, tím více kvetoucích rostlin nalezneme.
- 2) Světlíky preferují místa s vyšším pH půdy oproti půdám srovnatelných míst, kde se světlíky nevyskytují.
- 3) Světlíky preferují místa s nižší koncentrací dostupného fosforu.

2. Literární přehled

2.1. Stručná charakteristika světlíků

Světlíky jsou jednoleté hemiparazitické byliny se slabě vyvinutým kořenovým systémem a patřící do čeledi *Scrophulariaceae* – krtičníkovité. Listy světlíků jsou přisedlé až krátce řapíkaté, vstřícné nebo téměř vstřícné a na okrajích pilovitě zubaté až pilovitě vroubkované. Květy jsou umístěny po jednom v úžlabí listenů v koncových hroznech, popř. klasech. Květy jsou téměř přisedlé a souměrné, koruna je dvoupyská a bledě fialová nebo celá bělavá, řidčeji pak sytě fialová nebo modravě fialová. Horní pysk má přilbovitý tvar, s dvouzubým až dvojlaločným, nazpět ohrnutým okrajem. Dolní pysk je obvykle delší než horní, plochý, trojcípý a často s úzkými fialovými proužky, což jsou vlastně antokyanovými barvivy zvýrazněné cévní svazky. Při ústí korunní trubky bývá často žlutá skvrna. Plodem jsou tobolky, které jsou mnohosemenné. Semena mají délku přibližně 1,0 – 2,5 mm (Smejkal & Dvořáková, 2000)

Světlíky mají význam ve farmaceutickém průmyslu. Obsahují iriodiny, lignin, flavonoidy, tanniny, fenolové kyseliny, kumarin, a těkavé oleje, steroly a alkaloidy. *Euphrasia rostkoviana* má bakteriostatické, čistící účinky, které byly dokumentovány na myších. Používá se pro léčbu blefaritidy, zánětu spojivek, ječného zrna, příznaků oční únavy, funkční poruchy očí svalového a nervového původu, kašle a chrapotu (Chudnicka, 2005).

Jsou zaznamenány i účinky na výšku hladiny krevního cukru (Porchezian, E., 2000)

2.2. Ohrožení světlíků

V ČR patří světlík drobnokvětý (*Euphrasia micrantha*) k silně ohroženým druhům (C2) a podle kategorie IUCN k ohroženým druhům (EN), (Čeřovský, 1999). Vzhledem k poloze Krkonoš je nutno brát v úvahu i stupeň ohrožení na polské straně pohoří. V seznamu ohrožených druhů rostlin Polska z roku 1986 nalezneme druh *Euphrasia minima* (Zarzycki, 1986), a to v kategorii vzácný (R). Pro samotné Krkonoše byl tento druh udáván také jako vzácný a kriticky ohrožený (CR) (Posz, 2010), neboť se vyskytoval pouze v Malé Sněžné jámě na čedičové žíle. V roce 2008 však byla objevena dvě nová místa výskytu. První je na Przełęczy pod Śnieżkou, nedaleko Domu Śląskiego (Slezského domu). Druhé nad kotlem Velkého Rybníka na severovýchodním svahu Smogornii. Vzhledem k životnímu cyklu tohoto

světlíku, kdy celá populace může zmizet a pak se ze semenné banky znovu obnovit, navrhuje Posz přehodnocení stupně ohrožení v Krkonoších (Posz, 2010).

Černý a červený seznam cévnatých rostlin Krkonoš pak uvádí mezi kriticky ohroženými druh *Euphrasia frigida* pro celé území Krkonoš, na české straně hor pak *E. micrantha*. Pro polskou stranu hor následně *E. minima* a *E. picta*. Mezi silně ohroženými druhy je *Euphrasia coerulea* pro celé území, pro českou stranu hor pak *Euphrasia curta* subsp. *glabrescens* [*E. nemorosa*]. Díky rozdílnému taxonomickému pojetí se v této kategorii ohrožení nachází na polské straně hor i *Euphrasia nemorosa*. V kategoriích ohrožených či zranitelných již žádné druhy světlíků uvedeny nejsou (Štursa et. al, 2009).

2.3. Světlíky v Krkonoších - rozdílnost české a polské strany hor

Protože je poloha Krkonoš přeshraniční a některé rostliny a vzorky půdy byly sbírány i na polské straně hor, považuji za důležité uvést některé rozdíly obou stran pohoří, které mají vliv na výskyt světlíků. Především na české straně se od submontánního po alpský stupeň rozkládají rozsáhlé luční porosty, často kontinuální či přerušené úzkými úseky lesa. Na těchto lučních enklávách je rozšířena celá řada alpských druhů. Protože na polské straně Krkonoš mají bezlesé horské enklávy jen velmi malý rozsah, některé alpské druhy lučních porostů jsou tam proto velmi vzácné. Jako příklad mohou sloužit druhy *Viola lutea* subsp. *sudetica*, *Campanula bohemica*, ale i některé druhy rodu *Alchemilla*, dále *Crepis conyzifolia*, *Gymnadenia conopsea*, řada jestřábníků z podrodu *Pilosella*. Týká se to i zdánlivě obecných druhů, jako je *Geranium sylvaticum*. Pozoruhodný je i rozdíl ve výskytu *Petasites kablikianus*, který může být vyvolán opět odlišným využitím krajiny v minulosti. *Petasites kablikianus* je výrazně heliofilní druh, který chybí při potocích v zastíněných lesních úsecích (Štursa et. al, 2009). V podloží polské strany Krkonoš převládají žuly, jejichž zvětváváním vznikají půdy chudé na živiny, které jsou i rychleji z těchto půd vyplavované. Na české straně pohoří jsou tyto horniny rozšířeny jen v oblasti hlavního hřebene, v nižších polohách převažují horniny zvětvávající v hlinité substráty. K rozdílům české a polské strany, které se projevují ve složení flóry, patří i absence vápenců na polské straně Krkonoš, což je pro rozšíření světlíků důležité. Také míra eutrofizace byla na české straně zřejmě vyšší (nejen v souvislosti s budním hospodářstvím, ale i výrazně vyšším počtem horských bud) a na hlinitých půdách se více a po delší dobu projevuje. Proto jsou na české straně pohoří daleko více ohroženy druhy oligotrofních substrátů, jako je např. *Antennaria dioica*, *Danthonia decumbens*. Rozdíl v substrátu se projevuje v druhové garnituře rašelinných luk v nižších

polohách: např. větší frekvence *Carex appropinquata* a *C. vulpina* na polské straně a naopak větší frekvence vápnomilného *Epipactis palustris* na české straně.

2.4. Taxonomické pojetí světlíků

Celkový počet druhů světlíků na světě je udáván mezi 150 až 180, přičemž tento počet je značně ovlivněn taxonomickým pojetím. Pro území Česka udává Smejkal 13 druhů světlíků, a to *Euphrasia tatarica*, *E. stricta*, *E. vernalis*, *E. uechtritiziana*, *E. curta*, *E. nemorosa*, *E. micrantha*, *E. tatrae*, *E. minima*, *E. picta*, *E. kernerii*, *E. rostkoviana* a *E. salisburgensis* (Smejkal, 1964), přičemž posledně uvedený druh byl později dementován. Pro území Krkonoš je to pak devět druhů, které jsou popsány níže, vyjma zmíněného druhu *E. salisburgensis*. Květena pak udává na území Česka 11 druhů, a to *Euphrasia salisburgensis*, *E. rostkoviana*, *E. slovacica*, *E. stricta*, *E. tatarica*, *E. micrantha*, *E. corcontica*, *E. nemorosa*, *E. curta*, *E. uechtritiziana* a *E. frigida*, přičemž druhy *E. kernerii* a *E. picta* řadí Květena ČR do variability druhu *E. rostkoviana*, druh *E. vernalis* je považován za *E. slovacica* (Smejkal & Dvořáková, 2000), druh *E. corcontica* uvádí Smejkal za *E. micrantha* var. *corcontica* (Smejkal, 1964), přičemž Dvořáková navrhuje nomenklatorickou kombinaci založenou na taxonomickém přehodnocení rostlin dosud považovaných za varietu (var. *corcontica*) druhu *E. micrantha* (Dvořáková, 1999) a nahrazení druhem *E. corcontica*. V Květeně ČR je pak již tento koncept přijat a v družích světlíků nalezneme i *E. corcontica* (Smejkal & Dvořáková, 2000). V současnosti je však tento druh považován za regionálně vyhynulý (RE) (Štursa et.al, 2009). Druhy *E. tatrae* a *E. minima* jsou zase považovány za variabilitu v rámci druhu *E. frigida* (Yeo, 1978; Smejkal & Dvořáková, 2000). V tomto porovnání po téměř čtyřiceti letech je počet druhů světlíků na území České republiky i Krkonoš beze změn. U několika druhů (např. *E. coerulea*) je však mnoho údajů o výskytu v Květeně zastaralých a v podstatě kopírují lokality, které uvádí Smejkal (Smejkal, 1964). Kwiatkowski uvádí pro polskou část Krkonoš a polské podhůří Krkonoš tyto druhy: *Euphrasia coerulea*, *Euphrasia frigida*, *Euphrasia minima*, *Euphrasia nemorosa*, *Euphrasia picta*, *Euphrasia rostkoviana* subsp. *montana*, *Euphrasia rostkoviana* subsp. *rostkoviana* a *Euphrasia stricta* (Kwiatkowski, 2008). Oproti světlíkům uváděných z české části hor tak chybí *E. micrantha* a *E. curta*, naopak v české části pohoří schází *E. nemorosa* a *E. picta*. Tato skutečnost je zapříčiněna i taxonomickým pojetím. Druhy *E. nemorosa* a *E. curta* jsou v České republice rozlišovány jako dva druhy, zatímco v Polsku jsou *E. nemorosa* a *E. curta* považovány za jeden druh *E. nemorosa* (Štursa et.al, 2009).

2.5. Charakteristika světlíků udávaných z Krkonoš

Nyní si v krátkosti představíme hlavní fytocenologicko-ekologické charakteristiky druhů vyskytujících se v Krkonoších, které uvádí Květena ČR.

Euphrasia stricta (světlík tuhý)

Wettstein tvrdí, že tento druh nevystupuje do alpínského stupně (Wettstein, 1896), což popírá Smejkal (Smejkal, 1964). Pro území jihozápadního Německa tvrdí Oberdofer, že *Euphrasia stricta* je rostlina cirkumneutrálních půd, vyskytující se na sušších, výslunných stanovištích a písčitohlinitých až písčitojílovitých půdách (Oberdorfer, 1949).

Smejkal pak připouští, že tyto ekologické charakteristiky můžeme vztahovat i pro území Česka (Smejkal, 1964). V Krkonoších byl doložen nejvýše v Labském dole ve výšce asi 1350 m Sterneckem v roce 1898, v subalpínském stupni se vyskytuje sporadicky, v nižších polohách pak dosti hojně (Smejkal, 1964).

Květena ČR poté uvádí výskyt na suchých loukách, pastvinách, vřesovištích, mezích, travnatých okrajích cest a lesních světlínách. Po cenotické stránce si je velmi podobný s *E. rostkoviana*, *E. stricta* však preferuje sušší a slunnější stanoviště. Vyskytuje se především ve společenstvech *Nardo – Callunetea*, zvláště svazu *Genistion* a *Villion caninae*. V ČR je rozšířen na celém území od planárního a kolinného až do submontánního stupně roztroušeně, přičemž v 50. a 60. letech byl udáván ještě jako dosti hojný. Maximální výška výskytu je uváděna na Pradědu v 1350 m a v Krkonoších na Studniční hoře asi ve 1250 m. Z hlediska celkového rozšíření je *E. stricta* evropským druhem. Na severu roste do střední Skandinávie a středního Finska, na západě v celé atlantské Evropě kromě Velké Británie a Irska. Na jihu zasahuje na severovýchod Španělska, jih Francie a sever a západ Itálie a do střední části Balkánského poloostrova. Na východě se vyskytuje v Rumunsku, povodí horního Dněpru a horní Volhy (Smejkal & Dvořáková, 2000)

Euphrasia coerulea (světlík modravý)

Je Sudetsko-Karpatský endemit. Podle Smejkala se vyskytuje na montánních a submontánních loukách, pastvinách a lučních rašelinách. Náleží do svazu *Nardo-Agrostidion tenuis*. Jinak nejsou detailnější fytocenologické ani ekologické charakteristiky k dispozici

(Smejkal, 1964). Podle Květeny ČR preferuje sušší i mezofilní podhorské a horské louky, pastviny, travnaté lesní světliny, vzácně se pak vyskytuje na rašeliništích. Uplatňuje se ve společenstvech řádu *Nardetalia* a svazů *Cynosurion*, řidčeji *Polygano-Trisetion* a *Calamagrostion villosae* (Smejkal & Dvořáková, 2000). V Krkonoších doložen z Malé Sněžné Jámy Polákem roku, 1883, Kabátem roku 1887 a Klikou roku 1916. Poslední nálezy jsou učiněny Mikulášem roku 1935. Také z okolí Rýchorské boudy Šourek v roce 1948 a Černoch v roce 1953. Květena ČR uvádí i Sněžku, 1500 m (Smejkal & Dvořáková, 2000), ale neznáme rok nálezů. Z polské části hor uvádí tento druh nově i Ewa Posz, kdy v srpnu 2010 našla tento druh na pastvině v horní části obce Karpacz (Posz, 2011).

V ČR je rozšířen vzácně v pohraničních pohořích Čech od Šluknovského výběžku po Orlické hory a jejich podhůří. Prokazatelně častěji se vyskytuje v pohořích severovýchodní Moravy, od Hostýnských vrchů po Moravskoslezské Beskydy a Javorníky. Neroste ve východních Sudetech, včetně Hrubého Jeseníku (Jeník, 1961) podobně jako *Euphrasia curta* (Smejkal & Dvořáková, 2000). Zdá se, že tento druh je na ústupu. Květena ČR uvádí, že v 50. a 60. letech 20. století byl známý a více doklady potvrzený ze severovýchodu moravských Karpat, kde je dnes vzácným druhem. V současné době nezjištěn například v Krkonoších (Smejkal & Dvořáková, 2000). Celkově je tento druh rozšířen v západních Sudetech, v pohořích severovýchodní Moravy, a to především v Moravsko-Slezských Beskydách a Javorníkách. Vzácně se vyskytuje ve Slovenských Beskydách a v podhůří Belanských a Vysokých Tater. Údajně se vyskytuje i v ukrajinských Karpatech a povodí Dněstru (Smejkal & Dvořáková, 2000)

Euphrasia curta (světlík krátký)

Má v Krkonoších jižní okraj areálu rozšíření a patří mezi boreální druhy. Nalezneme jej především na suchých loukách, pastvinách a okrajích cest. Výškové rozpětí jeho výskytu je u nás 450 – 900 – (1300 m). Bývá součástí svazu *Nardo – Agrostidion tenuis*. V Krkonoších byl nalezen na louce Biener (u Černého Dolu) Töclem roku 1895 či v Temném Dole Töclem roku 1897. Jinak detailnější fytocenologické ani ekologické charakteristiky nejsou k dispozici (Smejkal, 1964). Slavík udává podhorské a horské čerstvě vlhké až sušší louky a pastviny, travnaté lesní lemy a světliny, travnaté okraje komunikací. Dále zmiňuje, že jsou po cenotické stránce málo známy, jistě však doprovází společenstva řádu *Nardetalia* a některá společenstva řádu *Arrhenatheretalia* (Smejkal & Dvořáková, 2000)

Většina lokalit v ČR je soustředěna v pohořích Západních Sudet a především v jejich podhůří. Roztroušené a vzájemně většinou izolované výskyty jsou známy ze západu Čech, konkrétně severu Českého lesa, Smrčin a Tepelských vrchů a také z podhůří Jeseníků a severovýchodu moravských Karpat. Chybí podobně jako *E.coerulea* v Hrubém Jeseníku. Rozšíření tohoto druhu napovídá, že se vyskytuje v periglaciální zóně severského ledovce v době jeho maximálního pleistocenního rozšíření. Maximální výšku výskytu udává Květena ČR na vrcholu Radhoště, ve výšce asi 1100 m (Smejkal & Dvořáková, 2000). Celkově převládá či se výlučně vyskytuje v jižních, jihovýchodních a východních částech svého areálu, konkrétně v Německu v Sasku a Durynsku, severozápadních a západních Čechách, na severní Moravě, v Karpaté oblasti Slovenska, v Polsku, Bělorusku a evropské části středního Ruska.

Euphrasia micrantha (světlík drobnokvětý)

Tento druh se vyskytuje na písčítých, hlinito-jílovitých a rašelinných půdách. Můžeme se s ním setkat i na suchých, acidofilních světlých listnatých lesích. V Krkonoších byl pozorován na Sněžce Tauschem roku 1836 a v Rudníku Fiekem v roce 1876, Freynem roku 1878 a Töclem roku 1895, zde se však jednalo zřejmě o *Euphrasia micrantha* var. *corcontica*, jak poznamenává Smejkal (Smejkal, 1964).

Podle Květeny ČR se vyskytuje na suchých vřesovinných ladech, pastvinách, světlých vřesovinných borech, v suchých acidofilních hájcích a suchých degradujících rašelínách. Co se týká půdy, roste obvykle na písčítých až hlinitopísčítých, minerálně chudých a kyselých substrátech. Z fytoecologického pohledu se vyskytuje ve vřesovištních společenstvech řádu *Calluno-Ulicetalia* a v suchých, travinných společenstvech chudých pastvin řádu *Nardetalia*, řidčeji roste na degradovaných suchých loukách svazu *Caricion fuscae*.

V ČR je rozšířen v západní polovině státu, převážně ve fytochorionech Českomoravského mezofytika. Chybí od linie Slavonice-Svitavy-Jeseník a dál na východ. V tomto úseku také probíhá jihovýchodní část areálové hranice. Roste od planárního do submontánního stupně. V Krkonoších jej Květena udává v Jilemnici, Horní Branné a Černém dole. Oblast Rudníku byla vyloučena, protože v tomto případě se jednalo o *E.corcontica* (Smejkal & Dvořáková, 2000)

Euphrasia micrantha je boreálně-subatlantský druh. Oblast jeho rozšíření sahá na sever do Skotska, střední Skandinávie a jižního Finska, na západ se vyskytuje v celé západní Evropě. Na jihu zasahuje areál rozšíření do střední Francie po tok Loiry a pohoří Jura, do jižního

Německa, Dolních Rakous a na východě přes jihovýchodní a východní Čechy do středního Polska a pobaltských republik.

Euphrasia minima (světlík nejmenší)

Vyskytuje se na skalnatých místech v subalpínském a alpínském stupni. V roce 2008 byla objevena dvě nová místa výskytu. První je na Przełęczu pod Śnieżkou, nedaleko Domu Śląskiego (Slezského domu). Druhé nad kotlem Velkého Rybníka na severovýchodním svahu Smogornii. Vzhledem k životnímu cyklu tohoto světlíku, kdy celá populace může zmizet a pak se ze semenné banky znovu obnovit, navrhuje Posz přehodnocení stupně ohrožení v Krkonoších (Posz, 2010). Stále se vyskytuje na čedičové žíle v Malé Sněžné Jámě. Jak poznamenává Smejkal, krkonošský výskyt má zřejmě reliktní charakter (Smejkal, 1964).

Euphrasia tatrae (světlík tatranský)

Tento světlík se u nás vyskytuje na skalních holích, travnatých enklávách na sutích a skalách v subalpínském a alpínském stupni. V Krkonoších byl zaznamenán například na Kotli (Toclem a Fiekem 1895) nebo Krausových boudách Wilhelmem v roce 1898 a poslední údaj pochází od Šourka z Malé Kotelné Jámy r 1945 a Rudníku r. 1949.

Oba dva druhy, *Euphrasia minima* i *Euphrasia tatrae*, nejsou podle monografa rodu *Euphrasia* rozlišovány a spadají pod druh *Euphrasia frigida* (Yeo, 1978). Smejkal & Dvořáková v Květeně České republiky se také přiklání k tomuto rozdělení a *E. minima* a *E. tatrae* již neuvádí jako samostatné druhy. Pro druh *Euphrasia frigida* uvádí Smejkal & Dvořáková z hlediska ekologicko–fytoocenologických charakteristik výskyt na travnatých enklávách, skalkách a skalních teráskách v krkonošských karech, vzácně na vysokohorských loukách. V ČR se vyskytuje velmi vzácně v nejvyšších polohách Krkonoš a Krušných hor. Výskyty u nás se datují patrně z pleistocénu, kdy tento druh mohl mít v periglaciální zóně severského pevninského ledovce mnohem větší rozšíření. V naší flóře tento druh uvažujeme jako glaciální reliktní a je vedený jako kriticky ohrožený druh. Celkově je rozšířen v severní Evropě ve Skandinávii, středním Finsku a na severu evropského Ruska, dále ve Skotsku, ostrovech Severního moře, na Islandu, v Grónsku a na severovýchodním okraji severoamerického kontinentu (Smejkal & Dvořáková, 2000)

Euphrasia picta (světlík pestrý)

Vyskytuje se na loukách v alpínském a subalpínském stupni, zvláště na vápenci a dolomitu (Smejkal, 1964). Z pohledu fytocenologického náleží k horským travnatým a květnatým rostlinným společenstvům svazu *Nardo – Agrostidion tenuis*.

V Krkonoších byl tento druh zaznamenán na úpatí Sněžky (Wettstein, 1896) a na jižním svahu Studničné hory Toclem roku 1897. *Euphrasia picta* v souladu s novějšími poznatky spadá do variability druhu *E. rostkoviana* a není vylišován jako samostatný taxon a vnitrodruhová variabilita vyžaduje další studium (Smejkal & Dvořáková, 2000).

Euphrasia rostkoviana ssp. *rostkoviana* (světlík lékařský pravý)

je spolu s *Euphrasia stricta* naším nejhojnějším světlíkem a na loukách, travnatých místech, mezích, okrajích lesů a pod. je rozšířen od nížin do subalpínského stupně, ve dvou posledně jmenovaných se však vyskytuje sporadičtěji (Smejkal, 1964). Pro oblast jihozápadního Německa charakterizuje Oberdorfer (Oberdorfer, 1949) *Euphrasia rostkoviana* jako rostlinu mírně hnojených luk svazů *Arrhenatherion – Polygonion elatioris.*, dále neúrodných luk, zvláště na nevápenných a minerálních, jílovitých a písčito-jílovitých, mírně kyselých, humosních půdách. Smejkal (Smejkal, 1964) se s Oberdorferem v této ekologicko-fytocenologické charakteristice shoduje. Smejkal & Dvořáková pak uvádí mj. výskyt i na extenzivně obhospodařovaných loukách, smilkových loukách subalpínského stupně a půdách vlhkých až vysychavých, obvykle mírně kyselých, živinami slabě až středně zásobených (Smejkal & Dvořáková, 2000). Smejkal & Dvořáková rovněž zmiňují prokazatelný pokles frekvence rozšíření tohoto druhu v posledních třech až čtyřech desetiletích. Důvodem je zánik nebo přeměna rašelinných a polokulturních luk na ornou půdu, změny vodního režimu a především různé eutrofizační antropologické vlivy. Jako maximální výšku výskytu uvádí Rudník, asi 1430 m (Smejkal & Dvořáková, 2000). Na hřebenech Krkonoše se vyskytuje sporadičtěji, ale Smejkal uvádí správnost herbářových dokladů z Kovárny, 1150 m od Šmardy z roku 1945, Malého Rudníku, 1200 m od Šourka z roku 1953 nebo z Malé Sněžné Jámy, 1450 m od Müllera. V ČR je rozšířen v celé oblasti termofytika, mezofytika i oreofytika. Celkově je rozšířen v Evropě, kde je rozšířen na sever do středního Švédska a jižního Finska, v Rusku přibližně po 60°s.š., východně po Ural. Na jihu Evropy pak do jižní Francie, severní Itálie a střední části Balkánského poloostrova. Odtud dále přes Rumunsko až po povodí středního Dněpru, Donu a Volhy (Smejkal & Dvořáková, 2000).

Euphrasia rostkoviana ssp.*montana* (světlík lékařský horský)

se vyskytuje na podobných místech jako *Euphrasia rostkoviana* ssp.*rostkoviana*, jeho těžištěm je však montánní a v menší míře subalpínský stupeň. Nadmořským výškám nad 700 m patří v Česku přes 70% nalezišť (Smejkal, 1964). Smejkal rovněž uvádí, že v Krkonoších se vyskytoval v Rudníku, kde byl nalezen Hofmanem v roce 1900 a Dolním Rudníku Šourkem roku 1953 a na Rýchorách Sternečkem v roce 1901. Na takto staré údaje odkazuje i Květena ČR (Smejkal & Dvořáková, 2000) Těžiště rozšíření v rámci České republiky je pak v severozápadních, severních a východních pohraničních pohořích (od Krušných hor na západě po Javorníky a Bílé Karpaty na východě).

Euphrasia corcontica (světlík krkonošský)

Pro tento druh je udáván výskyt na travnatých enklávách vrcholových svahů, skalkách a travnatých místech v klečových porostech. Půdy na místech výskytu bývají kyselé, střídavě vlhké až vysychavé, hlubší a s příměsí skeletu. Po cenotické stránce je *E.corcontica* neprozkoumaný druh. Charakteru stanovišť odpovídá vegetace blízká společenstvům svazů *Nardion* a *Calamagrostis villosae* a třídy *Juncetea trifidi*. V Krkonoších je uváděn jako endemický ve vrcholové části Krkonoš, v subalpínském stupni, v nadmořských výškách 1100 až 1500 m, konkrétně na Sněžce doložený doklady v herbářích od Tausche roku 1836, v Rudníku doložený Fiekem roku 1876, Freynem roku 1878 a Toclem roku 1897. Dále v podhůří Krkonoš mezi Brannou a Jilemnicí, jak dokládá Tocl roku 1895, a z lokality „Bienenrthaus“ nedaleko Černého Dolu též Toclem roku 1895. Od té doby nejsou nové doklady známy (Smejkal & Dvořáková, 2000) Tento druh zřejmě vznikl hybridizací druhů *E.minima* a *E.micrantha* v době pleistocénu (Smejkal, 1963), kdy se předpokládá, že byl výskyt *E.minima* daleko rozsáhlejší.

3. Materiál a metodika

Veškeré pokusy probíhaly na území Krkonošského národního parku či jeho ochranného pásma. GIS vrstvu zachycující místa odběru půdních vzorků, rostlin a managementových pokusů naleznete v příloze číslo 8 v části Přílohy na konci této práce. Popis jednotlivých managementových lokalit naleznete v přílohách číslo 1 až 7 též v části přílohy na konci této práce.

3.1. Analyzování vzorků půdy

3.1.1. Homogenizace vzorků půdy

Vzorky půdy byly zváženy a poté homogenizovány přes síto s velikostí ok 2 mm. Hrudky půdy byly rozmělněny v hmoždíři a takto získaná směs byla přeseta přes síto s velikostí ok 2 mm a smíchána se směsí, která byla získána bez nutnosti rozmělnění. Byla odstraněna veškerá viditelná organická hmota, jako jsou kořínky a stébla trávy. Po přesetí byla zvážena frakce půdy, která nepropadla sítím, tedy skelet a frakce, která sítím propadla. Pro zjištění procentuálního zastoupení frakcí ve vzorku byl použit vztah $m_A/m_{\text{celk}} \cdot 100$, kde m_A vyjadřuje hmotnost oddělené frakce a m_{celk} celkovou hmotnost vzorku.

3.1.2. Loss on ignition (ztráta žíháním)

Loss on ignition (LOI) je test ke zjištění hmotnostního obsahu organického materiálu a karbonátů ve vzorku. Bylo naváženo 3,000 g homogenizovaného vzorku ($\pm 0,001$ g), zvážen kalíšek, v kterém měl vzorek podlehnout teplotní úpravě a tyto hmotnosti byly sečteny a zaznamenány. Takto připravené kalíšky byly dány do pece a vystaveny teplotě 550°C po dobu pěti hodin. Takto ošetřené kalíšky pak byly opět zváženy. Procentuální LOI jsme pak vypočítali ze vztahu $LOI_{550} = ((DW - DW_{550})/DW) \cdot 100$ (Heiri, 2001), kde DW je hmotnost vzorku bezprostředně před zahřátím a DW_{550} je hmotnost vzorku po zahřátí na 550°C po dobu pěti hodin.

3.1.3. Spektrofotometrické stanovení dostupného fosforu v extraktu půd dle Mehlich III

Pracovní postup byl dodržen podle návodu v Analýze půd I. Jednotné pracovní postupy (Zbíral et al., 2010). Pro stanovení fosforu touto cestou bylo nutné namíchat několik činidel. Konkrétně standardní zásobní roztok fosforu o koncentraci 250 mg/l, kdy bylo 0,2197 g dihydrogenfosforečnanu draselného (vysušeného při 105°C do konstantní hmotnosti), který byl následně rozpuštěn v deionizované vodě. Po rozpuštění se kvantitativně převedl do 100 ml odměrné baňky, konzervoval jedním mililitrem chloroformu a po vytemperování se doplnil po značku deionizovanou vodou.

Dalším činidlem byl zásobní roztok fluoridu amonného a EDTA (Chelaton II), kdy se v asi 350 ml deionizované vody za tepla rozpustilo 69,45 g fluoridu amonného a 36,75 g kyseliny etylendiaminotetraoctové. Po rozpuštění se převedl tento roztok do odměrné baňky o objemu 500 ml a po vytemperování byl doplněn po značku. Roztok byl uchováván v plastové nádobě v lednici.

Třetím činidlem byla kyselina sírová o koncentraci 2,5 mol/l. 133 ml koncentrované kyseliny sírové bylo přidáno do asi 700 ml deionizované vody, to vše v 1000 ml kádince. Po ochlazení se objem převedl do baňky o objemu 1000 ml a ta se doplnila deionizovanou vodou po rysku. Molybden-antimonité činidlo bylo připraveno rozpuštěním 6,0 g molybdenanu amonného v asi 200 ml deionizované vody. Odděleně se rozpustí 0,146 g vinanu antimonyl draselného v asi 100 ml deionizované vody. Oba roztoky se postupně přidaly k 500 ml zředěné kyselině sírové a po vytemperování se objem upravil deionizovanou vodou na 1000 ml. Tyto roztoky byly připraveny slečnou Ing. Hanou Šimáčkovou a slečnou Mgr. Kateřinou Kolaříkovou.

Extrakční a vybarvovací roztok připravil autor. Vybarvovací roztok byl připraven z 56 ml dříve připraveného molybdenan–antimonitého činidla, ve kterém se rozpustilo 0,2955 g kyseliny askorbové, navážené na analytických vahách. Tento roztok byl doplněn deionizovanou vodou na 500 ml a důkladně promíchán. Následně z těchto 500 ml bylo odměřeno 250 ml (zbylých 250 ml se použilo následující den) a přelito do dělicí baňky, do které bylo poté přidáno 50 ml butanolu. Výsledný roztok byl protřepáván po dobu tří minut a nechal se odstát tři hodiny.

Poslední připravovanou chemikálií byl extrakční roztok dle Mehlicha III, který vznikl rozpuštěním 20 g dusičnanu amonného v 300 ml deionizované vody a následným přidáním 4 ml NH_4F + EDTA a v digestoři napipetováním 11,5 ml kyseliny octové a 0,825 ml kyseliny dusičné.

Extrakce půdy

Vysušené a homogenizované vzorky půdy se navážily po 5,00 g do PE šroubovacích nádob o objemu 250 ml. Jedna série sestávala ze 14 vzorků, dvou referenčních vzorků a dvou slepých vzorků (blanků). V odměrném válci bylo odměřeno 50 ml extrakčního roztoku Mehlich III a tento byl přidán do PE nádob s půdními vzorky. Tento postup byl shodný pro všechny vzorky každé série. Následně byly tyto nádoby uzavřeny, promíchány a umístěny na třepačku, kde se vzorky promíchávaly při rychlosti tři po dobu 30 minut.

V době třepání půdních vzorků se připravily PE nádobky o objemu 100 ml (18 ks) k filtraci. Do těchto nádobek byly umístěny nálevky, do kterých byly dány na čtvrtiny přeložené filtry (150 mm, typ 392, kvantitativní). Po skončení třepání se přelily vzorky přes filtry do PE nádob. První část přefiltrovaného extraktu se použila k vypláchnutí nádobek a poté se obsah vylil. Pro měření byl použit až druhý extrakt.

Příprava série kalibračních standardů

Pro přípravu standardů je třeba 5 odměrných baněk o objemu 50 ml vymytých 5% kyselinou dusičnou. Ze zásobního roztoku std 250 mg/l P bylo napipetováno 5ml do 50ml baňky a doplněno po rysku deionizovanou vodou, čímž vznikl pracovní roztok std o koncentraci P 25mg/L. Následně bylo připraveno pět standardů o těchto koncentracích:

Koncentrace P (mg/L) dávkované množství (koncentrace P v zásobním nebo prac. roztoku std)

12,5.....2,5ml (250 mg/l P)

5.....1ml (250 mg/l P)

2,5.....0,5ml (250 mg/l P)

1,25.....2,5ml (25 mg/l P)

0,5.....1ml (25 mg/l P)

Poté byly tyto baňky o objemu 50 ml s nadávkovaným std doplněny po rysku Mehlichem III a důkladně protřepány.

Pipetování extraktu a přidání vybarvovacího činidla

Bylo označeno 18 zkumavek čísly 1-14, dále RF1 a RF2 (referenční půda), BL1 a BL2 (blank) a 5 zkumavek pro kalibrační řadu dle koncentrací S20, S50, S100, S200, S500 $\mu\text{g/l}$ (tj. výsledné koncentrace standardů po zředění vybarvovacím roztokem). Do příslušných zkumavek bylo následně napipetováno 0,4 ml extraktu, blanku a standardů, použita však byla vždy až třetí nasátá dávka extraktu, přičemž první dvě byly použity k vypláchnutí pipetovací špičky. Nakonec bylo přidáno 9,6 ml vybarvovacího roztoku po extrakci butanolem, zkumavky byly promíchány a nechány dvě hodiny odstát.

Měření spektrofotometrem

Do kádinky s deionizovanou vodou byla ponořena přívodní hadička. Poté byl zapnut sipper (pumpa pro nasávání vody a vzorků) a nechala se proudit deionizovaná voda, která pročistila hadičky i kyvetu. Po tomto úkonu bylo stisknuto tlačítko „measure blank“, a tak bylo celé zařízení připraveno k měření.



Obr. č.1: Měření absorpance vzorků spektrofotometrem, foto Ing. Hana Šimáčková.

Bylo spuštěno nasávací zařízení a vzápětí ponořena přívodní hadička do roztoku v první zkumavce. Vzniklá vzduchová mezera odděluje jednotlivé vzorky, aby se vzájemně nepromíchávaly. Když bylo nasáto dostatečné množství vzorku do kyvety (vzduchová mezera se objeví v odvodní hadičce), sipper byl vypnut a zvolena možnost *Measure sample*. Pro vypočtení průměrné hodnoty byl vzorek ve zkumavce měřen stejným způsobem ještě jednou. Tímto způsobem byly měřeny všechny vzorky, přičemž v pořadí: blanky, standardy a vzorky. Viz. obrázek číslo 1, foto Ing. Hana Šimáčková. Po skončení měření byla data uložena na USB disk.

Vyhodnocení dat

Pro vyhodnocení koncentrací bylo nutné vytvořit kalibrační křivku z naměřené řady standardů, z které byla vypočítána koncentrace fosforu půd vyluhovaných do extraktu MeIII. Pro výpočet výsledné koncentrace fosforu ve vzorku byly dosazeny výsledné průměrné absorpance do přednastavené tabulky v Excelu.

3.1.4. Stanovení pH a konduktivity půdních vzorků

Do plastových nádob o objemu 250 ml bylo naváženo 10,00 g homogenizovaných a zcela usušených půdních vzorků. Do každé takto naplněné nádoby bylo přilito 50 ml destilované vody a poté byly dány na třepačku po dobu 60 min. při rychlosti tři. Po třepání se nechaly vzorky v nádobách 24 hodin odstát.

Do plastových nádobek o objemu 100 ml byly umístěny nálevky, do kterých byl dán filtrační papír (150 mm, typ 392, kvantitativní) přeložený na čtvrtiny. Přes tento filtrační papír byly přelity odstáté vzorky. Výsledný filtrát byl měřen vždy konduktometrem a poté pH metrem. Před každým jednotlivým měřením byly oba tyto přístroje vymyty deionizovanou vodou. Před každým pracovním dnem byl pH metr kalibrován podle pufrů. Měření pH bylo prováděno na pH metru od firmy Schott Instruments, typ Lab 850. Konduktivita byla měřena na konduktometru od firmy Hanna, typ HI 8733.

3.2. Zpracování dat

Data pro vyhotovení fytoecologických snímků byla zpracována programem JUICE 7.0 (Tichý, 2002). Juice je program kompatibilní s operačním systémem Microsoft Windows a je to aplikace pro editaci, třídění a analýzu velkých fytoecologických tabulek. Obsahuje mnoho funkcí pro snadnou manipulaci s tabulkou a záhlavím s údaji. Program je optimalizován pro použití se softwarem TURBOVEG (Hennekens & Schaminée, 2001), který je v současné době nejrozšířenější databázový program pro ukládání fytoecologických údajů v Evropě. Tabulky dat je také možné převádět do programu JUICE. Kromě základních funkcí užitečných pro editaci a publikování fytoecologických tabulek zahrnuje program různé analytické funkce (například Ellenbergův ukazatel hodnot, indexy podobnosti, výpočet beta-diverzity, mezidruhové křížení a analýzu diagnostických, dominantních a konstantních druhů v přehledných tabulkách).

Data z půdních analýz byla zpracována v programu Canoco (Ter-Braak, 1995).

3.3. Managementové pokusy

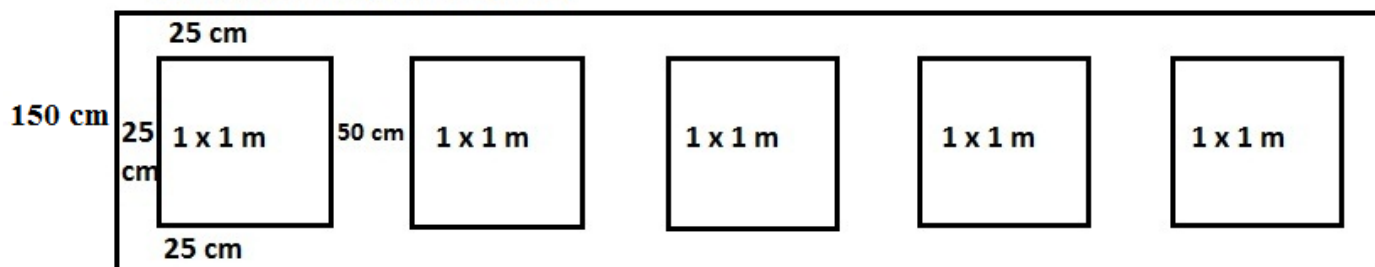
3.3.1. Výběr ploch pro managementové pokusy

V květnu 2011 byly ve spolupráci s Ing. Tomášem Janatou z Oddělení ochrany přírody KRNAP vytipovány lokality vhodné k pokusnému sekání porostů světlíků. Na základě údajů floristického inventáře KRNAP a osobního pozorování botaniků KRNAP byly vytipovány konkrétní lokality. Poté bylo nutné splnit několik podmínek. Hlavní z nich byla už samotná přítomnost světlíků. Vzhledem k tomu, že světlíky jsou rostliny jednoleté, v této roční době měly malý vzrůst a většinou teprve klíčily. Většina travního pokryvu však již byla v plném vegetačním vývoji, a tak nebylo jednoduchým úkolem najít taková místa, kde se světlíky vyskytovaly a navíc byla na první pohled dostatečná hustota a homogenita porostu světlíků, což byla další nezbytná podmínka nutná k tomu, aby data, získaná z toho managementového pokusu, popsaného níže v této kapitole, byla nezávislá. Ne vždy tedy vytipovaná lokalita odpovídala těmto kritériím, jako například v Horní Dušnici nedaleko Jablonce nad Jizerou, kde byl v roce 2006 zaznamenán botaniky Správy KRNAP větší porost světlíků, avšak od té doby se zřejmě změnil způsob managementu a daná louka byla zarostlá a již bez světlíků. Další nutnou podmínkou byl souhlas majitele pozemku, v případě vlastnictví tohoto Správou KRNAP také nájemce, který na těchto pozemcích hospodařil. V neposlední řadě musely být pozemky obhospodařované, a to buď pastvou, nebo sečí, přičemž louky musely být jednosečné. Na lokalitě Albeřice pak musel být ponechán prostor pro průchod skotu a zároveň výzkumná plocha nesměla zasahovat do jiné výzkumné plochy, kde probíhal monitoring hořečků.

Celkem bylo vybráno šest lokalit, které odpovídaly výše zmíněným kritériím, prozatím bez konkrétního určení druhu světlíků. Ve východních Krkonoších jsou těmito lokalitami Albeřice, Sklenářovice, Pěnkavčí vrch, louka nedaleko Boudy Jany, v naší práci označovaná pracovním jen „Jana“, a v západních Krkonoších dvě louky na Levínku, na pomezí katastrů Benecka a Vítkovic.

3.3.2. Založení výzkumných ploch

Vzhledem k charakteru managementového pokusu bylo nutné ustanovit na každé lokalitě pět výzkumných čtverců, každý o rozměrech 1 x 1 m, vedle sebe. Pro eliminaci okrajového efektu byla stanovena ochranná zóna 25 cm od každé strany čtverce. Mezi dvěma čtverci tedy vznikla ochranná zóna 50 cm. Celková plocha pěti čtverců i s ochrannými zónami tak měla



Obr. č. 2: Schéma výzkumné plochy 750 cm

tvár obdélníku s rozměry 7,5 x 1,5 m, jak ukazuje obrázek č. 2. Na každou z lokalit bylo nutné ručně transportovat materiál v podobě šesti sloupků, většinou vyrobených autorem, a ohraničit je pasteveckou páskou, kterou laskavě poskytl pan Libor Novotný z Benecka. V každém z rohů vytyčené výzkumné plochy a na středu delší ze stran byly zabudovány sloupky, ke kterým byla připevněna pastevecká páska tak, aby tyto plochy byly vidět v době senoseče. Na lokalitě Sklenářovice byl z důvodu očekávané pastvy ovcí připevněn ke sloupkům i vázací drát v několika řadách nad sebou tak, aby bylo zabráněno okusu vegetačního pokryvu ve výzkumné ploše. Na lokalitě Albeřice byla v době probíhání managementového experimentu plánována pastva skotu, a tak byly po dohodě s hospodářem panem Schreiberem na sloupky připevněny izolátory, kterými byl provlečen vázací drát a tento napojen na ohradník. Po vyměření plochy byla provedena s pomocí F. Krahulce floristická inventura a určené druhy byly zaznamenány. Lokality Benecko I, Benecko II, Albeřice a Sklenářovice byly založeny 7.6.2011, lokality Pěnkavčí vrch a Jana byly založeny o týden později, tedy 14.6.2011. Založení všech ploch proběhlo rovněž s pomocí F. Krahulce. Popis těchto lokalit je uveden ve v přílohách na konci této práce.

3.3.3. Popis a průběh managementových pokusů

Na základě pozorování vyvstal předpoklad, že termín seče má vliv na výskyt projevující se kvetením světlíků. Termíny seče v našem experimentu byly navrženy tak, aby pokryly období vrcholu vegetační sezóny. Interval mezi sečemi byl určen na přibližně deset dní. Termíny seče tak byly 14.6., 26.6., 5.7., 15.7. a 25.7.2011, přičemž pořadí seče čtverců na každé z lokalit

bylo pokaždé různé. Na příkladu si uveďme, jak takový den seče probíhal. 14.6.2011 autor dorazil na lokalitu Pěnkavčí vrch, kde pomocí zahradnických nůžek posekal třetí čtverec a odklidil travní hmotu. Seč postihla i ochranné pásmo 25 cm kolem čtverce a byla provedena tak, aby byla výška seče na celém čtverci stejná, a to čtyři centimetry nad povrchem. Poloha sekaného čtverce byla náležitě zaznamenána. Poté se přesunul na lokalitu Jana, kde stejným postupem posekal první čtverec, následovala seč druhého čtverce na lokalitě Albeřice a čtvrtého čtverce na lokalitě Sklenářovice. Po přesunu z východních do západních Krkonoš byl posekán pátý čtverec na lokalitě Benecko I a první čtverec na lokalitě Benecko II. Celková ujetá vzdálenost mezi výzkumnými plochami je přibližně 110 km. V dalších termínech se tento postup opakoval tak, aby se na žádné z lokalit neopakovalo pořadí sekaného čtverce. Podobu výzkumné plochy v době seče zachycuje obrázek č. 3.



Obr. č.3: Výzkumná plocha Pěnkavčí vrch v době seče. Na tomto obrázku můžeme vidět postup seče, kdy je již posekán druhý a čtvrtý čtverec. Foto Jan Blahník, 5.7.2011.

3.3.4. Sčítání kvetoucích jedinců

Od poloviny do konce září 2011 byli spočítáni rozvětvení a nerozvětvení kvetoucí jedinci světlíků na jednotlivých čtvercích. Pro sčítání byl využit čtverec, který byl umístěn 50 cm od

čtverce sousedního a 25 cm od okraje výzkumné plochy, tedy do místa, ve kterém byl na počátku experimentu čtverec založen, jak je ukázáno na obrázku č. 4. Poté byly jednotlivé rostliny vytrhány a rozděleny na výše uvedené skupiny a spočítány. Výsledek byl zaznamenán. V případě lokalit Pěnkavčí vrch a Benecko II zabrala tato práce celý den. Na počátku října byly všechny lokality znovu zkontrolovány a zahrnuty rostliny, které ještě nekvetly při předchozím sčítání. Na všech výzkumných plochách byli odebráni reprezentativní jedinci a zaherbářováni.

Obr. č. 4: Sčítání světlíků na lokalitě Benecko II. Čtverec je umístěn 25 cm od okrajů



výzkumné plochy i od ochranného pásma vedlejšího čtverce. Foto Jan Blahník 6.9.2011.

3.4. Sběr rostlin a vzorků půdy

V průběhu září a října 2011 byly sbírány vzorky půdy na lokalitách výskytu světlíků a i samotné rostliny světlíku pro herbářování. S preferencí byly sbírány rostliny, které se zdály být na první pohled jiným druhem, než nejčastější *Euphrasia rostkoviana*. Pro referenci byly sbírány vzorky půdy i na lokalitách, kde se světlíky nevyskytovaly, resp. nebyly autorem nalezeny, a které byly pokud možno co nejblíže místům výskytu světlíků a které byly

podobné místům, kde se světlíky vyskytovaly. To zcela neplatí v případě výskytu světlíků podél cest, kdy se okraj cesty mírně lišil od louky, přes kterou tato cesta vedla. Nenastala však situace typu, že by byl sběr proveden na květnaté louce s výskytem světlíků a referenční vzorek půdy byl sebrán v údolní nivě v těsném sousedství. Sběr půdy probíhal vždy na pěti místech v nejbližším okolí porostu světlíků a těchto pět vzorků bylo poté smícháno do jednoho směsného vzorku. Totéž platí i o sběru půd z míst, která byla výše popsána jako referenční. Vznikly tak tedy páry půd, vždy s výskytem a bez výskytu světlíků a tyto byly poté srovnávány a analyzovány. Výzkumné plochy a všechna místa sběru světlíků a vzorků půd byl zaměřena přístrojem Garmin GPS 60 a zaznamenány souřadnice a nadmořská výška. Sebrané vzorky půd byly nabrány do papírových, biologicky odbouratelných sáčků a označeny. V těchto papírových sáčcích pak byly uchovány u ústředního topení do doby, než se půda v nich zcela vysušila.

Sebrané rostliny byly zaherbářovány jednak jako dokladový materiál, jednak pro potřeby pozdějšího přesného určení druhu světlíku.

4. Výsledky

4.1. Výskyt světlíků v závislosti na environmentálních proměnných

Byly srovnány chemicko-fyzikální vlastnosti půdy a další parametry na podobných plochách, kde se světlíky vyskytovaly a kde se nevyskytovaly. Data z analýzy těchto půd byla zpracována t-testem. Na pětiprocentní hladině významnosti se ukázaly jako signifikantní odlišnosti mezi plochami se světlíky a bez světlíků, a to pro koncentrace dostupného fosforu, pH, %C, hmotnostní zastoupení skeletu, konduktivitu, západní expozici, plochy s rozlohou do 0,5 ha a plochy s rozlohou 0,5 ha – 6,3125, porost vysoký do 20 cm a mezi 21 – 50 cm, hustý a řídký porost, pastvu, louku a kraj cesty.

Fosfor: Prokázalo se, že místa s výskytem světlíků mají nižší koncentraci dostupného fosforu v půdě než místa bez světlíků. Průměrná hodnota koncentrace dostupného fosforu půd lokalit bez světlíků byla přibližně 21,38 mg/kg, průměrná koncentrace fosforu v půdách se světlíky byla 8,6 mg/kg.

pH: Prokázalo se, že půda v místech se světlíky má vyšší pH než půdy bez světlíků. Průměrné pH půdy se světlíky bylo přibližně 6,85, průměrné pH půdy bez světlíků bylo přibližně 5,93.

LOI: Prokázalo se, že půdy bez světlíků obsahují více organické hmoty (průměrně 21,95 hmotnostních procent) než půdy se světlíky (průměrně 16,27 hmotnostních %).

Skelet: Půdy bez světlíků obsahovaly průměrně 15,70 hmotnostních % skeletu, půdy se světlíky pak 35,8 hmotnostních % skeletu

Konduktivita: Půdy bez světlíků měly průměrnou konduktivitu 103,88 μS , půdy se světlíky měly konduktivitu vyšší, průměr byl 141,18 μS .

Expozice: Ze zkoumání vyplynulo, že západní expozice naprosto převládá a je signifikantní. Tento výsledek ale znamená pouze to, že referenční plochy měly spíše západní expozici, na rozdíl od ploch se světlíky.

Rozloha plochy: Jako signifikantní se ukázala rozloha plochy do 0,5 ha, kde se světlíky vyskytují více než na plochách mezi 0,5 až 6,3125 ha, které vyšly také statisticky závislé.

Výška porostu: Jako signifikantní se ukázala výška porostu do 20 cm a výška porostu mezi 21 a 50 cm. Vyplývá tak, že světlíky z našich záznamů se více objevovaly na místech s průměrnou výškou porostu do 20 cm než na místech s vegetací mezi 21-50 cm.

Densita: Ukázalo se, že signifikantní byla také hustota porostu. Platí, že tam, kde se světlíky nevyskytovaly, byl porost spíše hustý, na rozdíl od míst, kde se světlíky vyskytovaly. Implicitně

vyšlo signifikantně, že tam, kde byl porost řídký, se vyskytovaly světlíky spíše, než na místech s hustým porostem.

Pastva: Dále vyšla signifikantní pastva. Zde je však síla průkaznosti slabá a platí jen pro hladinu významnosti p a ne pro Pearsonův korelační koeficient r. Navíc zde porovnání trochu pokulhává, neboť v námi sebraných datech nefigurovala žádná místa, kde by probíhala pastva a zároveň se tam nevyskytovaly světlíky.

Louka a kraj cesty: Nalezené světlíky byly spíše na okrajích cest než v loukách.

Všechny tyto výsledky jsou shrnuty v Tabulce č. 1.

Tabulka č.1: Přehled měřených parametrů. Žlutě jsou vyznačeny parametry, které se signifikantně liší na místech se světlíky a bez světlíků. r = Pearsonův korelační koeficient, sd = směrodatná odchylka, p = hladina významnosti alfa, min = minimum, max = maximum, *koncentrace dostupného fosforu. Hodnoty zaokrouhleny.

kategorie/jednotky	rozsah		bez světlíků		se světlíky		p Ttest	R
	max	min	průměr	sd	průměr	sd		
koncentrace fosforu (mg/kg)*	64,9	0	21,4	15,5	8,6	10,4	0,0002	-0,4419
pH	7,9	4,3	5,4	0,5	6,8	0,6	0,0000	0,7737
úbytek C (hmotnostní %)	70,6	4,1	21,9	15	16,3	10,6	0,0715	-0,2164
skelet (hmotnostní %)	76,1	1,4	15,7	8,2	35,8	19,8	0,0000	0,5134
konduktivita (μS)	354	5,1	103,9	41	141,2	75	0,0049	0,2728
severní expozice	1	0	0,1	0,2	0	0,1	0,2630	-0,1422
západní expozice	1	0	0,3	0,4	0,1	0,3	0,0463	-0,2346
jižní expozice	1	0	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5664	0,0635
východní expozice	1	0	0,3	0,4	0,4	0,4	0,1230	0,1695
rozloha louky v ha	90,6	0,5	6,6	13,2	7	14,8	0,8916	0,0148
rozloha louky do 0,5ha	1	0	0,3	0,4	0,5	0,5	0,0158	0,2571
rozloha louky 0,51-6,3125 ha	1	0	0,6	0,5	0,2	0,4	0,0035	-0,3315
rozloha louky nad 6,3125 ha	1	0	0,2	0,4	0,3	0,4	0,4726	0,0781
vzdálenost od louky	1417	30	275,4	369,1	292,2	345,8	0,8394	0,0230
vzdálenost od louky do 80m	1	0	0,3	0,4	0,3	0,5	0,6636	0,0480

kategorie/jednotky	rozsah		bez světlíků		se světlíky		p Ttest	R
	max	min	průměr	sd	průměr	sd		
vzdálenost od louky 179 a více m	1	0	0,4	0,5	0,4	0,5	0,8419	-0,0223
nadmořská výška (m n.m.)	1374	596	1050,4	190,1	1050	204,1	0,993	-0,0010
výška porostu do 20 cm	1	0	0,1	0,3	0,7	0,5	0,0000	0,5610
výška porostu 21-50 cm	1	0	0,9	0,3	0,3	0,5	0,0000	-0,5658
výška porostu 51 cm a více	1	0	0	0,2	0	0,2	0,8487	0,02080
porost hustý	1	0	0,4	0,5	0,1	0,3	0,0117	-0,3039
porost hustší	1	0	0,6	0,5	0,5	0,5	0,3629	-0,1010
porost řídký	1	0	0	0,2	0,4	0,5	0,0000	0,4041
pasený porost	1	0	0	0	0,1	0,3	0,0443	0,1782
sečený porost	1	0	0,7	0,5	0,5	0,5	0,2082	-0,1377
výskyt na louce	1	0	1	0,2	0,4	0,5	0,0000	-0,6095
výskyt na kraji cesty	1	0	0	0	0,6	0,5	0,0000	0,6435
souřadnice X podle Křováka	-633470	-3511596	-730730	499494	-640939	6164,7	0,3247	0,1395
souřadnice Y podle Křováka	-979584	-6691203	-1162924	992915	-985507	4337,6	0,3275	0,1387

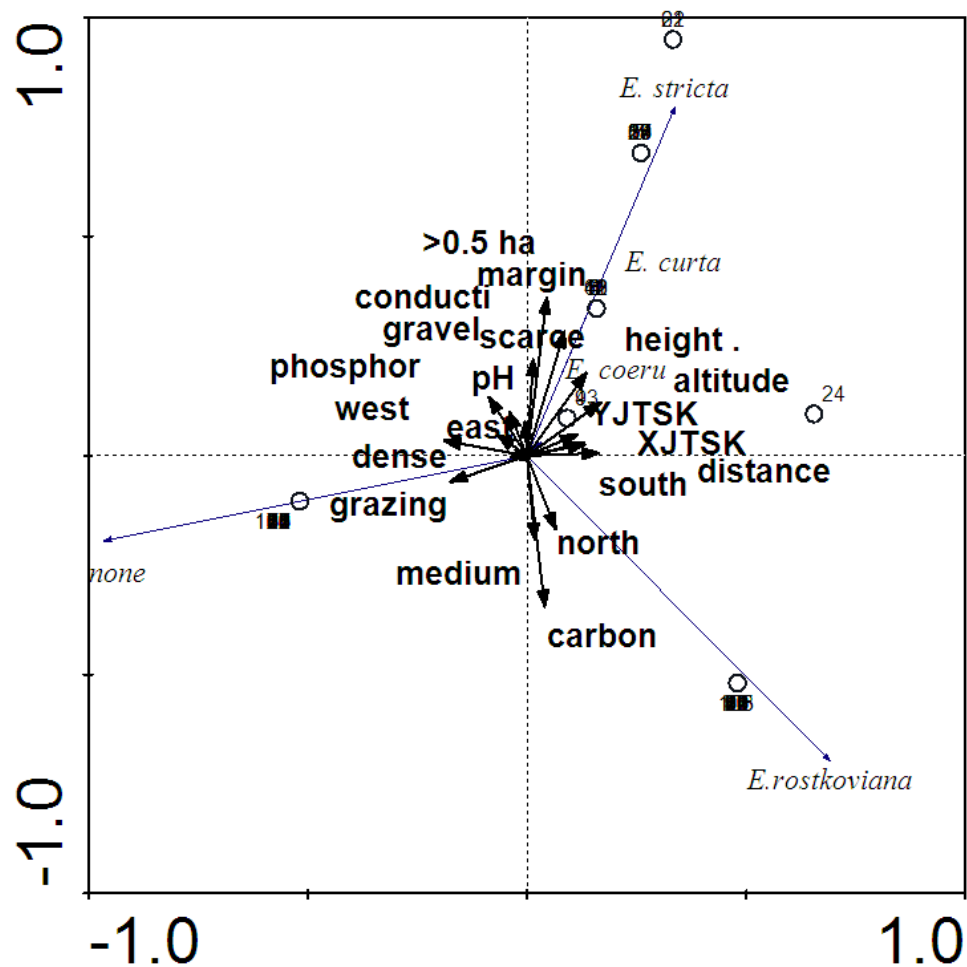
Naopak parametry nadmořská výška, vzdálenost od nejbližší louky a poloha v souřadnicovém systému se neukázaly jako signifikantní.

Tyto parametry poté byly podstoupeny tzv. forward selection, kdy byla každá proměnná vyhodnocena co do významu celé diskriminanční skupiny a zařazena na místo podle důležitosti. V tabulce č. 2 je uveden přehled parametrů vybraných forward selection a koeficienty diskriminanční funkce.

Tabulka č.2: Přehled parametrů vybraných forward selection a koeficienty. *koncentrace dostupného fosforu. Hodnoty zaokrouhleny.

	p - hodnota	koeficienty
parametr		-84,866
pH	0	31,36
koncentrace fosforu*(mg/kg)	0,0404	0,402
výskyt na okraji cesty	0,0017	-6,995
skelet (hmotnostní %)	0,1209	-0,619

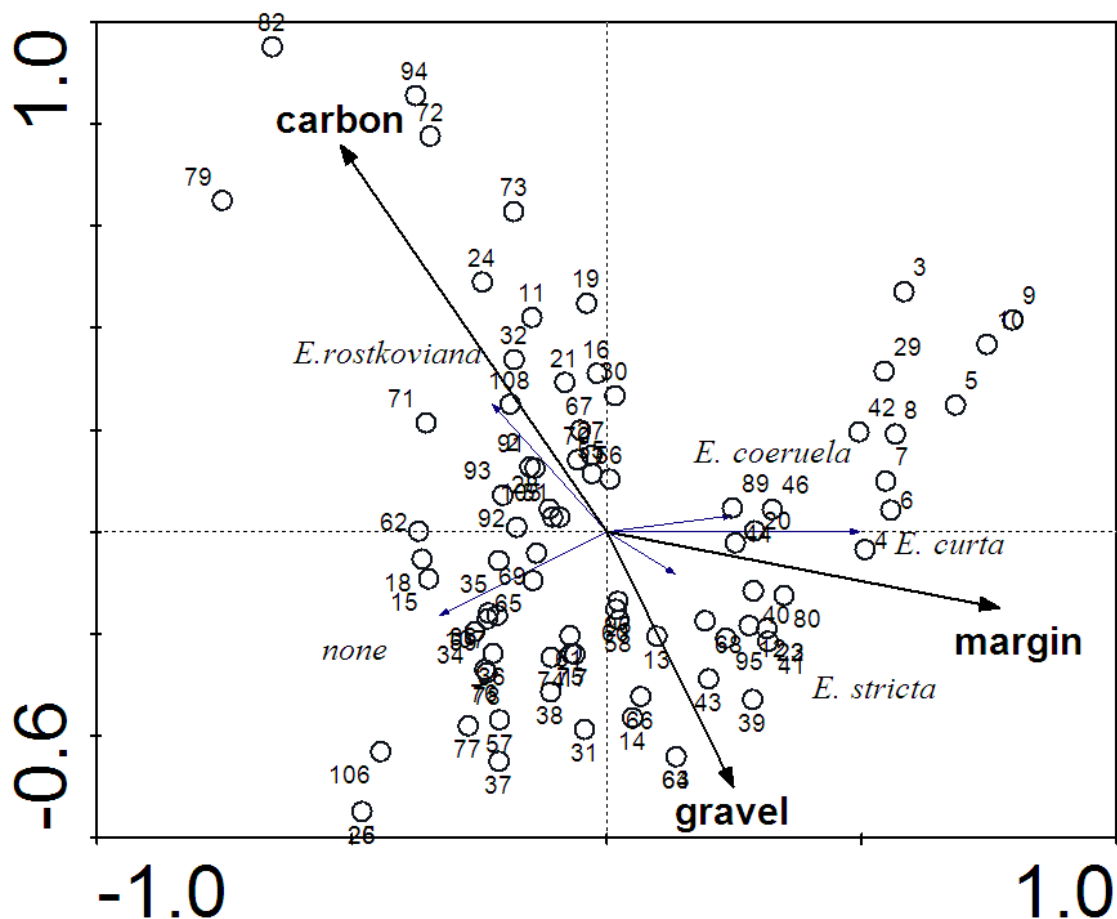
úbytek C (hmotnostní %)	0,1915	0,158
rozloha louky do 0,5 ha	0,2744	-1,785
konduktivita (μS)	0,1613	-0,031
porost pasený	0,3036	-30,37



Obrázek č. 5: Ordinační diagram analýzy hlavních komponent (PCA)

Na obr. č. 5 vidíme ordinační PCA diagram, který oddělil podle první ordinační osy plochy se světlíky a bez světlíků. Slabé šipky znázorňují směr abundance jednotlivých druhů světlíků, silné šipky značí environmentální proměnné a kroužky popisují plochy, kde docházelo k odběrům vzorků. Na druhé ordinační ose pak došlo k oddělení *E. rostkoviana* od ostatních sledovaných druhů. *E. rostkoviana* se vyskytuje spíše na humóznějších půdách se severní expozicí. Ostatní

druhy korespondují s malými loukami a s okraji cest. Z tohoto ordinačního PCA diagramu je též zřejmé, že svými nároky na stanoviště jsou si blíže druhy *E. curta*, *E. coerulea* a *E. stricta*. Tento diagram vysvětluje 77 % variability zkoumaných dat. Jednotlivé parametry z tohoto diagramu budou vysvětleny v tabulce č. 3.



Obrázek č. 6: Ordinační diagram redundační analýzy (RDA).

Na obrázku č. 6 je zobrazeno srovnání druhů světlíků mezi sebou. Silné šipky znázorňují, v jakém směru vzrůstá četnost environmentálních proměnných. Slabé šipky znázorňují směr nárůstu abundance jednotlivých druhů světlíků. Kroužky popisují místa odběru vzorků. Můžeme vidět, že abundance druhů *E. stricta* a *E. curta* vzrůstá s výskytem okrajů cest (margin). Abundance druhu *E. stricta* vzrůstá s větším hmotnostním zastoupením skeletu v půdě (gravel). U druhu *E. rostkoviana* vzrůstá abundance s vyšším hmotnostním podílem uhlíku (carbon). Tento model vysvětluje 21 % variability získaných dat.

V tabulce č. 3 můžeme vidět přehled parametrů vybraných forward selection a RDA. Žlutě vyznačené parametry jsou statisticky signifikantní a byly použity pro RDA diagram na obrázku č. 6. Vysvětlivky: *Koncentrace dostupného fosforu, **vzdálenost od nejbližší louky, margin=okraj cesty, gravel=skelet, carbon=uhlík, south=jižní expozice, 0.5 ha=plocha s rozlohou do 0,5 ha, grazing=sečení, altitude=nadmořská výška, XJSTK=souřadnice zeměpisné šířky podle Křovákova zobrazení, height=výška porostu, north=severní expozice, west=západní expozice, YJSTK=souřadnice zeměpisné délky podle Křovákova zobrazení, scarce=řídký porost, conducti=konduktivita v μS , dense=hustota porostu, phosphor=koncentrace dostupného fosforu, distance=vzdálenost od nejbližší louky.

Tabulka č. 3: Přehled parametrů vybraných forward selection a RDA. Žlutě jsou vyznačeny parametry prokazující závislost.

environmentální proměnná	variable	P	F
výskyt na okrajích cest	margin	0,002	4,94
hmotnostní zastoupení skeletu	gravel	0,018	3,67
hmotnostní zastoupení uhlíku	carbon	0,080	2,38
jižní expozice	south	0,052	2,53
plocha s rozlohou do 0,5 ha	.0.5 ha	0,108	2,08
pasený porost	grazing	0,052	2,81
nadmořská výška	altitude	0,270	1,29
souřadnice X podle Křováka	XJTSK	0,530	0,85
výška porostu	height .	0,526	0,74
severní expozice	north	0,516	0,75
západní expozice	west	0,648	0,59
souřadnice Y podle Křováka	YJTSK	0,646	0,62
řídký porost	scarce	0,732	0,43
pH	pH	0,654	0,57
konduktivita	conducti	0,774	0,39
hustý porost	dense	0,800	0,35
koncentrace fosforu*	phosphor	0,920	0,20
vzdálenost od louky**	distance	0,866	0,28

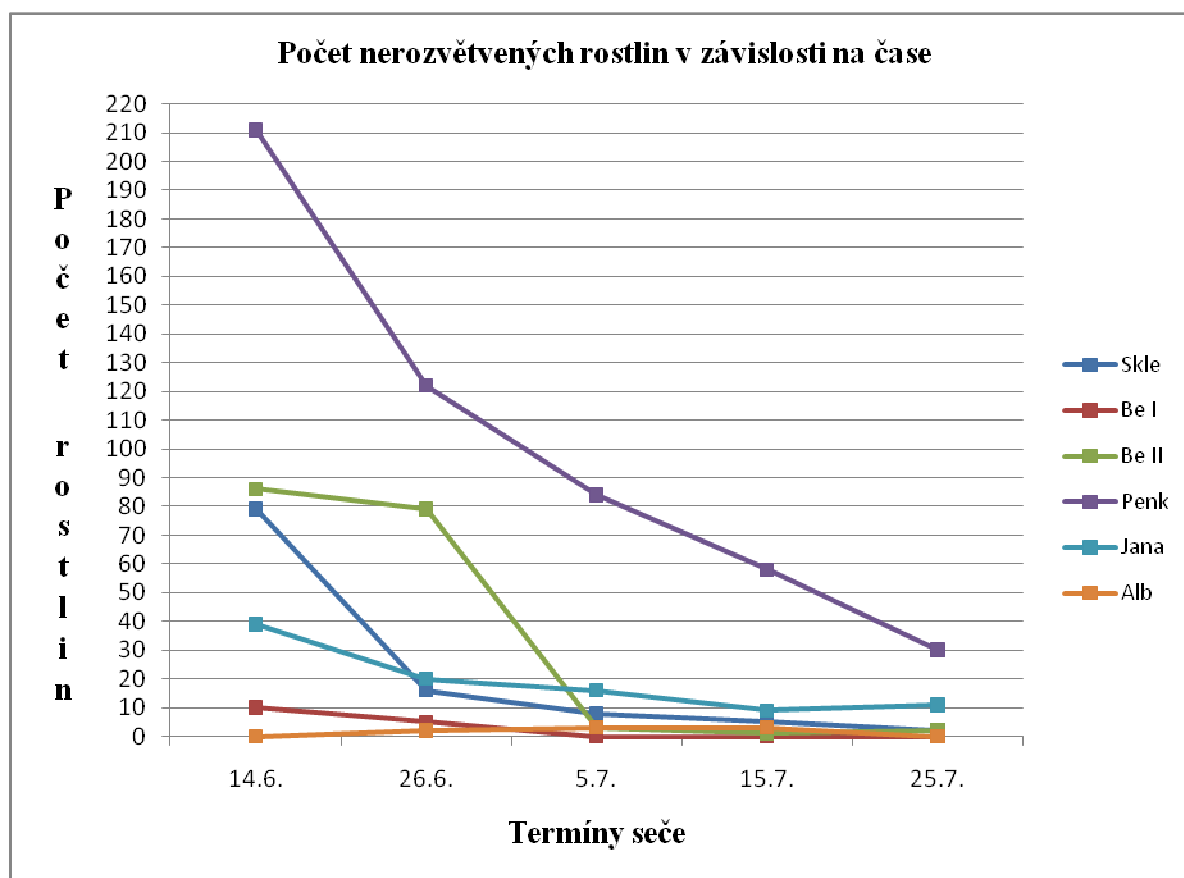
4.2. Vliv managementu louky na početnost světlíků

V tabulce č. 4 jsou znázorněny výsledky mnohonásobné regrese, kdy byl zjišťován vliv jednotlivých parametrů na počet kvetoucích rostlin. Pro termín seče vyšla negativní závislost, což znamená, že čím dříve byla plocha (site) sečena, tím více kvetoucích rostlin na ní bylo. Tento parametr měl nejsilnější vliv. Pro nadmořskou výšku vyšla pozitivní závislost, což znamená, že čím výše plocha byla, tím více kvetoucích rostlin se zde vyskytlo (vliv fenologie vysvětlím v diskusi). Závislost na dostupném fosforu vyšla rovněž pozitivní, čím více fosforu bylo, tím více kvetoucích světlíků na sečené ploše bylo. Výška porostu má negativní závislost, což znamená, že čím nižší porost byl, tím více kvetoucích světlíků na této ploše bylo. Pro konduktivitu vyšla negativní závislost, čím nižší konduktivita, tím více kvetoucích rostlin bylo.

Tabulka č. 4: Přehled parametrů, které mají signifikantní vliv na kvetení světlíků.

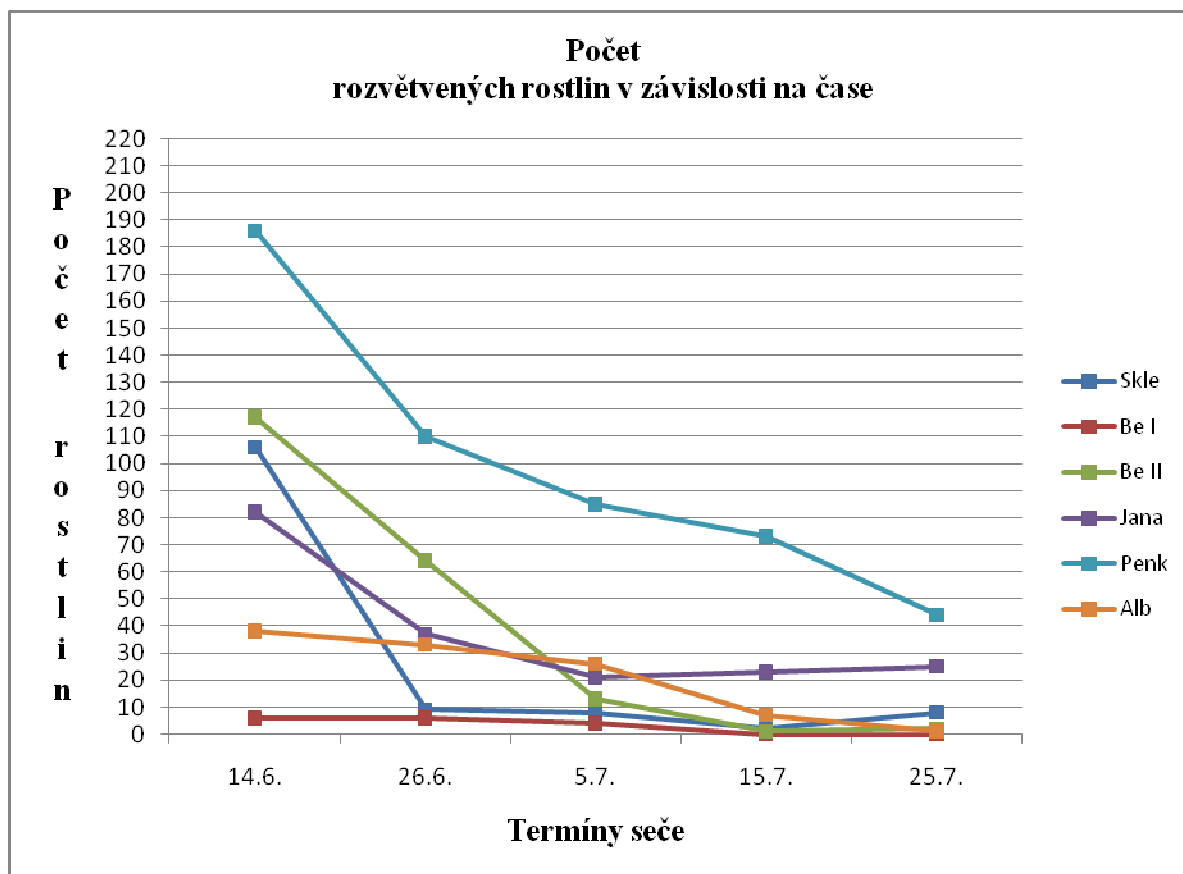
	Koeficient rovnice	SD koeficientu	p - hodnota
parametr	627,221	165,262	0,0009
termín seče	-3,479	0,718	0,0001
nadmořská výška (m)	0,289	0,086	0,0026
koncentrace fosforu (mg/kg)*	13,513	4,563	0,0068
výška porostu (cm)	-2,808	0,944	0,0066
konduktivita (μS)	-0,275	0,166	0,1114

Dále uvidíme na obrázcích č.7, 8 a 9 grafická znázornění závislosti počtu kvetoucích světlíků na termínech sečení.

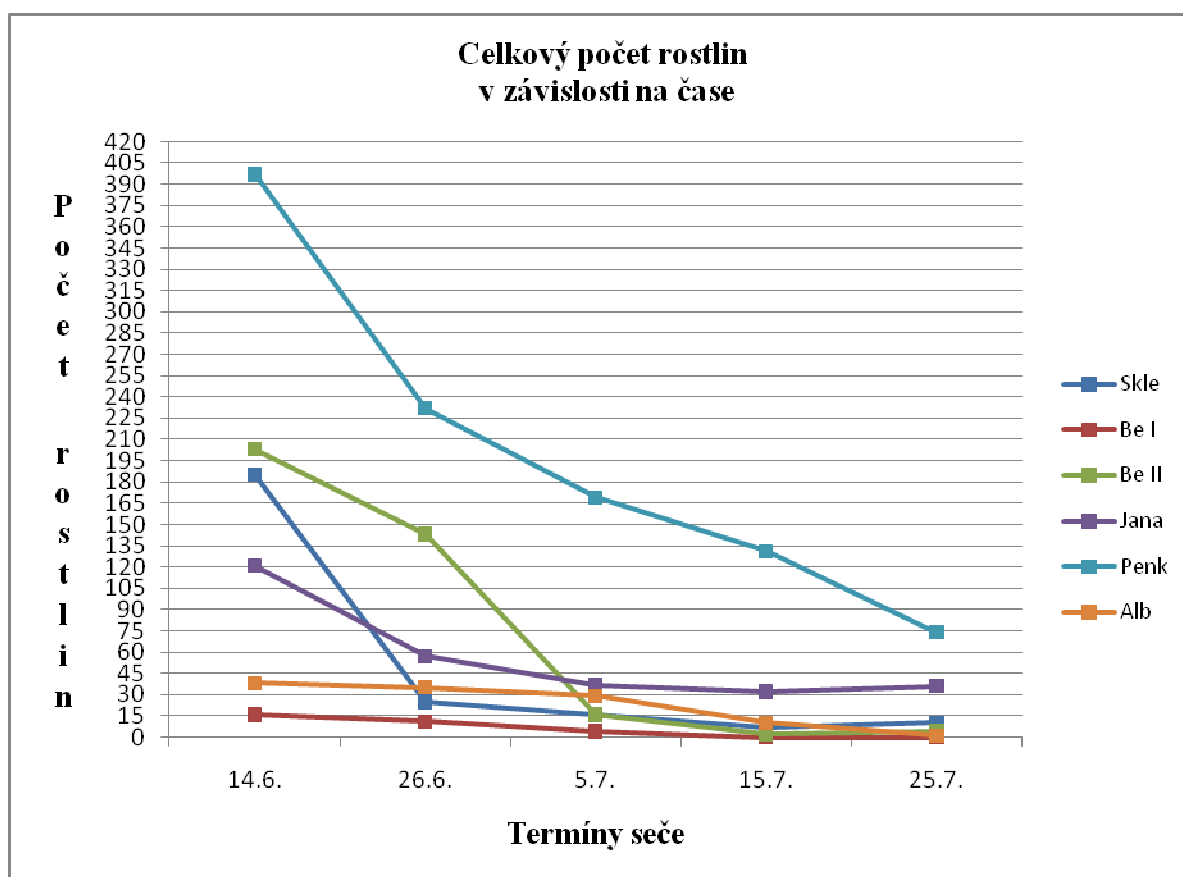


Obrázek č. 7. Počet nerozvětvených rostlin v závislosti na termínu seče.

Na obrázku č. 7 jsou na ose x naneseny termíny seče, na ose y poté počet kvetoucích nerozvětvených světlíků. Můžeme vidět závislost, kdy počet nerozvětvených kvetoucích světlíků klesal na plochách s pozdějším termínem seče. Vysvětlivky: Skle=Sklenářovice, Be I=Benecko I, Be II=Benecko II, Penk=Pěnkavčí vrch, Alb=Albeřice.



Obr. č. 8: Na obrázku č. 8 jsou na ose x naneseny termíny seče, na ose y počet rozvětvených kvetoucích světlíků. Opět vidíme trend, kdy bylo na ploše dříve sekané více kvetoucích světlíků než na ploše sekané později. Vysvětlivky: Skle=Sklenářovice, Be I=Benecko I, Be II=Benecko II, Penk=Pěnkavčí vrch, Alb=Albeřice.



Obr. č. 9: Na obrázku č. 9 jsou na ose x naneseny termíny seče, na ose y celkový počet (rozvětvených i nerozvětvených) světlíků. Můžeme vidět, že celkový počet kvetoucích světlíků je závislý na termínu seče. S pozdějším termínem seče klesal i počet kvetoucích světlíků. Tento trend platí jak pro různé nadmořské výšky, tak pro různé půdní vlastnosti.

Tabulka č. 5: Přehled počtu kvetoucích světlíků na jednotlivých výzkumných plochách
Sklenářovice – pohled ze zdola, sčítání 6.9.2011

Termín seče	15.7.	14.6.	5.7.	25.7.	26.6.
Počet nerozvětvených	5	79	8	2	16
Počet rozvětvených	2	106	8	8	9
celkem	7	185	16	10	25

Benecko 1 – pohled ze zdola, sčítání 10.9.11

Termín seče	14.6.	5.7.	25.7.	15.7.	26.6.
Počet nerozvětvených	10	0	0	0	5
Počet rozvětvených	6	4	0	0	6
celkem	16	4	0	0	11

Benecko 2 – za stodolou, sčítání 13.9.2011

Termín seče	6.7.	25.7.	16.7.	26.6.	14.6.
Počet nerozvětvených	3	2	1	79	86
Počet rozvětvených	13	2	1	64	117
celkem	16	4	2	143	203

Pěnkavčí vrch – pohled zády k cestě 14.9.2011

Termín seče	5.7.	26.6.	25.7.	14.6.	15.7.
Počet nerozvětvených	84	122	30	211	58
Počet rozvětvených	85	110	44	186	73
celkem	169	232	74	397	131

Jana- pohled ze zdola 15.9.2011

termín seče	25.7.	26.6.	15.7.	5.7.	14.6.
Počet nerozvětvených	11	20	9	16	39
Počet rozvětvených	25	37	23	21	82
celkem	36	57	32	37	121

Albeřice- pohled k lomu 16.9.2011

Termín seče	15.7.	5.7.	25.7.	14.6.	26.6.
Počet nerozvětvených	3	3	0	0	2
Počet rozvětvených	7	26	1	38	33
celkem	10	29	1	38	35

V tabulce č. 5 můžeme vidět přehled počtu kvetoucích světlíků rozvětvených, nerozvětvených a jejich celkový počet na jednotlivých výzkumných plochách. Na čtverci, který byl sekán nejdříve (14.6.2011), bylo napočítáno maximálně 397 kvetoucích světlíků (rozvětvených i nerozvětvených), a to na lokalitě Pěnkavčí vrch. Nejméně světlíků na nejdříve sekaném čtverci bylo 16, a to na lokalitě Benecko I.

Nejvíce kvetoucích světlíků na nejpozději sekaném čtverci bylo na lokalitě Pěnkavčí vrch (74), nejméně pak na lokalitě Benecko I, kde nekvetl žádný světlík.

Termíny seče na jednotlivých čtvercích daných lokalit v tabulce č. 5 nejsou řazeny chronologicky za sebou záměrně, neboť aktuální podoba tabulky č. 5 představuje reálný postup seče na jednotlivých lokalitách, a umožňuje tak ověřit si skutečnost, že na žádné lokalitě nebylo pořadí sekání čtverců stejné.

4.3. Současný výskyt světlíků

Tabulka č. 6: Průměrné, minimální a maximální hodnoty vybraných parametrů pro nalezené druhy světlíků. Vysvětlivky: VP= koncentrace dostupného fosforu v mg/kg, % úbytku C=hmotnostní podíl uhlíku, (μ S)= konduktivita v mikrosiemens, vzd=vzdálenost od nejbližší louky, m n.m.=nadmořská výška.

<i>E. coerulea</i>	VP	pH	% úbytku C	(μ S)	vzd	m n.m.
průměr	4,6	6,8	12,5	126	458	1141
min	1,7	6,3	9,3	107	84	1031
max	7,4	7,2	15,7	145	831	1251
<i>E. curta</i>						
průměr	11,7	6,9	10,5	138	458	1150
min	1,8	6,1	5,6	83	37	923
max	43,9	7,7	19,9	232	974	1321
<i>E. rostkoviana</i>						
průměr	4,3	6,5	18	132	151	898
min	0	5,5	6	12	45	642
max	56,8	8,8	55,9	354	1398	1349
<i>E. stricta</i>						
průměr	8,1	7,2	14,3	174	252	1074
min	0	6,3	4,4	98	30	909
max	18,3	7,9	35,7	339	1172	1254

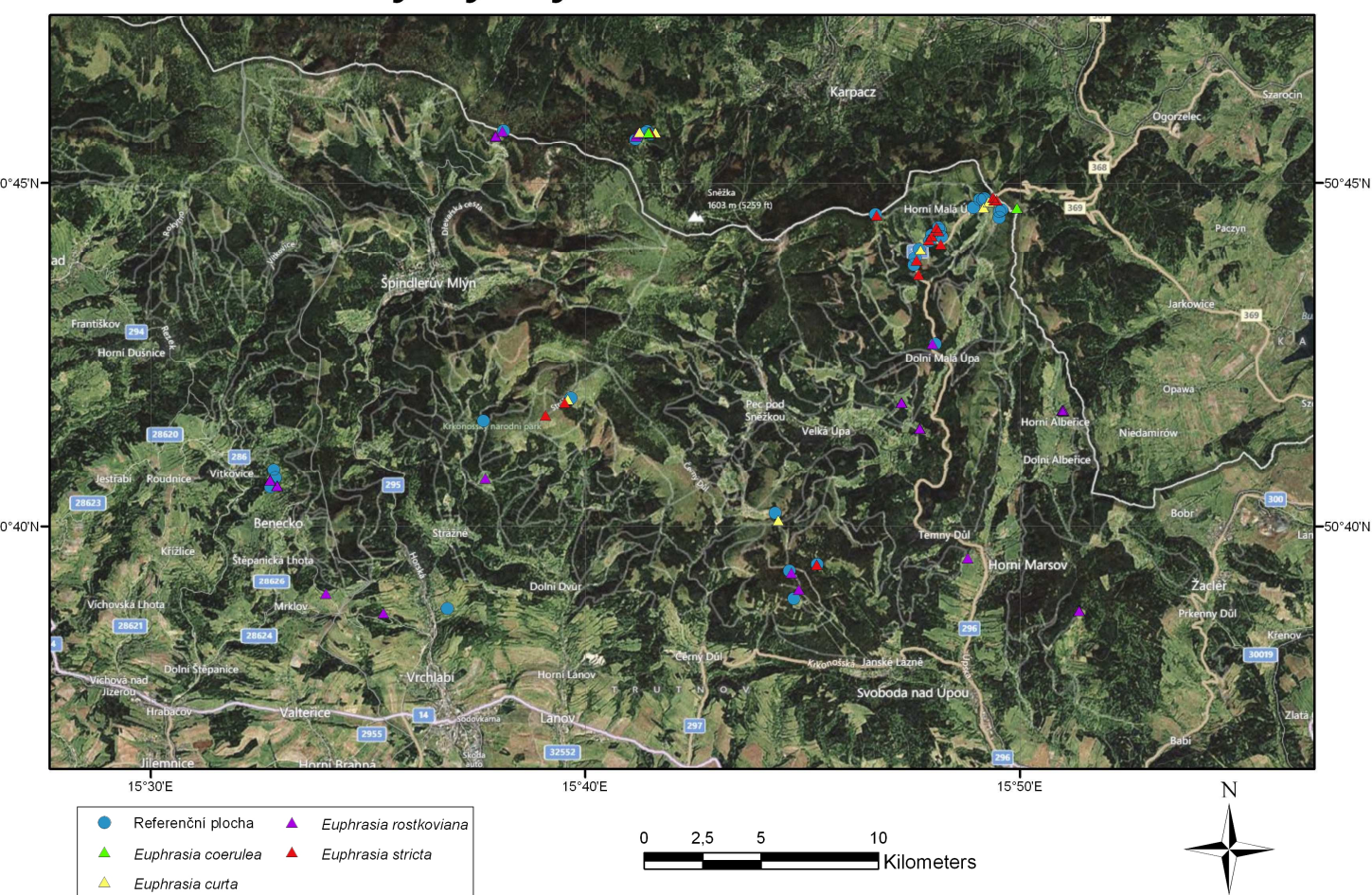
V tabulce č. 6 můžeme vidět, že *E. stricta* roste v průměru na nejvíce alkalických půdách, na nejkyselejších pak *E. rostkoviana*. Průměrně nejmenší koncentrace dostupného fosforu byla u druhu *E. rostkoviana*, nejvíce u druhu *E. curta*. Naopak u druhu *E. curta* byl zaznamenán nejnižší hmotnostní podíl uhlíku, nejvyšší byl průměrně u *E. rostkoviana*. Nejnižší konduktivitu měly půdy s *E. coerulea*, nejvyšší s *E. stricta*.. Nejbližše loukám byl druh *E. rostkoviana*, nejdále *E. curta* a shodně *E. coerulea*. Průměrně nejvýše se vyskytovala *E. curta*, nejnižše poté *E. rostkoviana*.

Na obrázku č. 10 můžeme vidět současný rozšíření námi nalezených světlíků a také místa, kde byla odebírána půda k rozborům. Půdní vzorky byly odebírány na celkem 108 lokalitách. Druh

E.coerulea byl nalezen celkem na dvou místech, *E. curta* celkem na 11 místech, *E.stricta* na 19 místech a nejhojnější *E. rostkoviana* na celkem 21 lokalitách. Referenční vzorky půdy byly odebrány na celkem 54 místech. Obrázek č. 10 pro přehlednost naleznete také v části Přílohy ve větším formátu (příloha 8).

Obr. č. 10: Současné rozšíření námi nalezených světlíků v Krkonoších.

Současný výskyt světlíků v Krkonoších



5. Diskuse

5. 1. Problematika světlíků v literatuře

V literatuře jsou nejčastěji zmíněny taxonomické a morfologické studie světlíků např. Gussarova (2008), což jistě souvisí s obtížnou determinací jednotlivých druhů tohoto rodu. Časté jsou i studie léčivých účinků a účinných látek světlíků, např. Kayne (2006).

Poměrně dlouhou tradici má studium životního cyklu světlíků. Tak např. monograf rodu *Euphrasia* Yeo uvádí experimenty mnohých autorů již z 19. století. Uvádí tehdy rozšířený názor autorů, že klíčení semenáčů *Euphrasii* je nezávislé na přítomnosti kořenů jiných rostlin. Autor Koch v roce 1891 vysel na podzim semena *E.officinalis* (agregát *E. rostkoviana* a *E. stricta*) do květináčů a na jaře pozoroval klíčení. Již nezmiňuje, zdali se experiment uskutečnil ve venkovním nebo vnitřním prostředí. Dobový monograf rodu *Euphrasia* Wettstein uvádí ve své práci z roku 1896 experiment, kdy v truhlících naplněných půdou prostou semen a kořenů zasel na podzim některé rostlinné druhy a s malým časovým odstupem zasel i semena světlíků (Wettstein, 1898). Za stejných podmínek uskutečňoval tento experiment ve venkovním i vnitřním prostředí, přičemž ve vnitřním prostředí se teplota pohybovala neustále mezi 4 až 10°C. Všechna semena světlíků byla zasetá 10.10.1893 a v březnu 1894 údajně všechna vyklíčila, jen s tím rozdílem, že semena vysetá ve vnitřním prostředí vyklíčila o 11 dní dříve než semena zasetá ve venkovním prostředí. Za stejných podmínek byla vyseta semena světlíků i 25.1.1894. Semena vyklíčila ještě v březnu téhož roku, jen o 5 až 14 dní později, než semena vysetá na podzim. Z toho Wettstein usoudil, že doba klíčení není závislá na době setí. Následnými experimenty také došel k názoru, že pokud semena nevyklíčí na jaře, které následuje po uzrání semen, ztrácí semena natrvalo životaschopnost. Yeo uvádí k tomuto i opačný názor, který uvádí Heinricher v práci z roku 1898. Tento autor nasbíral semena *E. stricta* na podzim 1895, na jaře 1896 zasel tato semena v termínech 27.2., 28.3., 6.4., 22.5. a 23.6. Semena vysetá v prvních dvou termínech vyklíčila poměrně dobře v březnu a dubnu, semena z dalších dvou termínů již klíčila špatně v květnu a červnu. Semena zasetá v posledních dvou termínech nevyklíčila vůbec v roce 1896, avšak zcela dobře vyklíčila v následujícím roce, březnu 1897. Mimochodem, kdyby nebylo této vlastnosti klíčení přespříští vegetační sezónu, zásadně by to odporovalo názoru o cykličnosti výskytu populace *E. minima* v Krkonoších, jak uvádí Posz (2000).

Parazitismus v čeledi *Rhinanthoideae* byl objeven Decaisnem roku 1847. Objevil, že kořeny druhů *Melampyrum*, *Rhinanthus* a *Odontites* mají haustoria, pomocí kterých se připojují ke kořenům

trav, keřů a stromů. Henslow roku 1847 objevil *Euphrasia officinalis*, která byla haustorií napojena na trávy (*Gramineae*). Jak uvádí Yeo (1961), Henslow rovněž našel izolované světlíky, o kterých předpokládal, že zabily své hostitele. Autor Koch roku 1891 zjistil parazitování světlíků na haustoriích jiných rostlin a také to, že parazitují jen na nejmladších a nejtenších kořenech. Naproti tomu u rodu *Melampyrum* bylo zjištěno, že se živí na již mrtvé organické hmotě. Později se ukázalo, že tento saprofytismus nastává i u rodu *Euphrasia* a u obou těchto rodů jen v případech, kdy zahynou napadené kořeny hostitele.

5.2. Managementové experimenty v literatuře a srovnání s našimi poznatky

Při hledání obdobného experimentu jsme zjistili, že našemu managementovému pokusu se nejvíce podobá práce autorů Kalle Hellström, Pasi Rautio, Ari-Pekka Huhta a Juha Tuomi z finské univerzity Oulu, kdy se ve své studii věnovali zkoumání světlíku tuhého (*Euphrasia striga* agg.) a jeho toleranci vůči apikálnímu poškozování (Hellström et. al, 2004). Prováděli svůj experiment na společné zahradě po dvě po sobě jdoucí sezóny, kde hostiteli zkoumaného poloparazita byly *Trifolium repens* a *Festuca rubra*. Zkoumali, jak bude světlík reagovat na různou intenzitu apikálního poškozování (sečení 0%, 10% a 50%). Hostitelské prostředí tedy podrobili seči, nebo vegetaci ponechali nedotčenou.

Na experimentální půdě zaseli v srpnu 1999 na čtverce o ploše 5 x 5 m *Trifolium repens* a *Festuca rubra*. V září 1999 sesbírali semena světlíků a zaseli je na těchto celkem 15 čtvercích. Pro experiment byli vybráni jedinci světlíků vzešlých z tohoto výsevu. Na každém z čtverců byli vybráni tři podobně vysokí jedinci, kteří byli co nejblíže u sebe. Tito jedinci buďto nebyli vůbec poškozeni, nebo bylo ustřiženo 10 % délky stonku nebo 50 % délky stonku. Okolí v rozmezí 10 až 15 cm od této skupiny světlíků bylo buď posekáno, nebo neposekáno. Tento postup byl opakován každý týden, autoři již neuvádí, kolik těchto sečí celkem bylo. Rostliny pak byly sklizeny v době, kdy měly zralé plody. Posléze byly sušeny při 60°C po dobu 48 hod., aby se mohla zvážit jejich biomasa. Navíc u každé rostliny změřili výšku stonku, počet plodů a počet vedlejších stonků.

V části výsledky tohoto článku je poměrně nesrozumitelná pasáž, z které není jasné, zdali posečení okolní vegetace mělo nebo nemělo vliv na světlíky. Pro přesnost zde stojí: „The effect of cutting treatment was largely independent of neighbourhood mowing because the cutting x neighbourhood interactions were consistently non-significant. In the first year, however, there was a clear tendency towards better compensation in terms of branch number, shoot weight and fruit

number when the neighbouring vegetation was mown.“ Z tabulky číslo 7 můžeme vyčíst výsledky pokusů. Je vidět, že se liší pro pokusy z roku 2000 a 2001.

Vidíme, že v případě posečení okolního prostředí byl vyšší počet postranních větví ve všech stupních apikálního poškození než v případě neposečení okolní vegetace. To samé platí pro hmotnost vysušeného stonku, kdy byla větší v případě posečení okolního prostředí u všech stupňů apikálního poškození. V případě množství semen v roce 2000 také platí, že bylo více semen, když bylo okolí posekáno oproti tomu, když okolí posekáno nebylo. Co se týče výšky stonků, ta byla větší v případě neposekání okolí, což lze vysvětlit zvýšenou kompeticí o světlo. Nižší kompenzační schopnost rostlin, kterou autoři pozorovali ve druhém roce experimentu ve srovnání s předchozím rokem, byla podle autorů pravděpodobně způsobena méně příznivými podmínkami pro jejich růst. Červen v prvním roce (2000) byl dosti deštivý, současně však byla teplota normální, což napomáhalo růstu jedinců r. *Euphrasia*. Nepříznivý vývoj v druhém roce experimentu (2001) mohl být způsoben srpnovým suchem a také tím, že okolní vegetace byla pro světlíky příliš hustá. Přežívání rostlin bylo nejlepší, byla-li sousední vegetace jen 1-2 cm vysoká. Stínění hostitelských rostlin také snižuje růstové schopnosti poloparazitů. To by mohlo být částečným důvodem pro špatné přežití světlíků při 50% seči v neposečené sousední vegetaci.

Na druhé straně však se ukazuje, že se ve druhém roce nedařilo ani nesečeným rostlinám, ani těm, které byly podrobeny 10% snížení výšky, bez ohledu na to, byla-li sousední vegetace posečena, což naznačuje, že růst rostlin byl potlačen suchem, které také snížilo jejich reprodukci a toleranci vůči spásání.

Tabulka č.7: Vliv apikálního poškození na světlíky dle autorů Hellström et. al, 2004

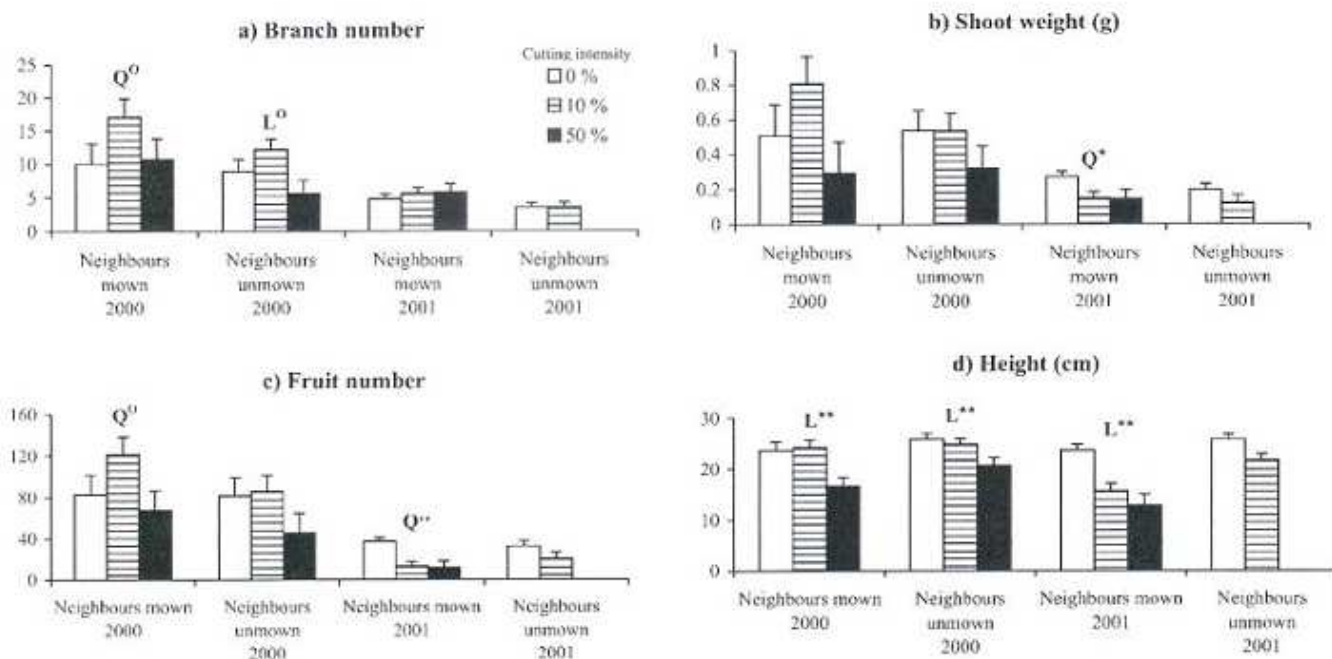


Fig. 1. Response of *Euphrasia* to cutting and neighbour mowing treatments in a garden experiment in 2000 and 2001. The bars (mean \pm 1 S.E.) represent different cutting intensities (0, 10 and 50%): a) total number of branches, b) shoot weight (g), c) fruit number and d) height (cm). The best fit linear (L) or quadratic (Q) trend in relation to damage intensity is indicated above the bars for risk levels: ^o $P < 0.10$, * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$ and *** $P < 0.001$.

Autoři tvrdí, že sečení sousední vegetace nemá na život světlíku statisticky významný vliv, avšak se zdá, že snižuje konkurenci a má příznivý vliv na život zastříhovaných světlíků. Po zastřížení prý totiž rostliny zvýšily vertikální růst a jejich konečná výška se nelišila od rostlin nesečených. Zastříhované rostliny měly mírnou tendenci v nesečeném okolí růst do větší výšky a méně se rozvětlovat. Terénní údaje rovněž naznačují, že výška rostlin reaguje pozitivně na výšku okolní vegetace, při čemž nejnižší rozvětvení se objevilo výše na stonku ve vysoké vegetaci. Toto schéma odpovídá předpokladu, že konkurenční boj o světlo prospívá apikální dominanci, což vede k rychlému vertikálnímu růstu a potlačuje laterální rozvětvení. Tudíž nejpravděpodobnějším důvodem, proč apikálně poškozené rostliny toto poškození v prvním roce nadměrně kompenzovaly v sečeném prostředí na rozdíl od nesečeného, je rozdíl v intenzitě konkurence. V nesečeném sousedství byla konkurence s okolní vegetací příliš silná, zatímco poloparaziti měli dostatečné zdroje pro nadměrnou kompenzaci v případě, že okolí bylo posečeno a konkurence tak byla snížena.

Tato studie nenaznačuje, že by sečení okolní vegetace mohlo pro *Euphrasii* znamenat snížení dostupnosti hostitelských zdrojů, což odporuje skleníkovým studiím Matthiese (1995), který

pozoroval, že hemiparazité *Rhinanthus serotinus* a *Odontites rubra* trpí, když ztratí hostitelské rostliny, ve všech stádiích svého vývoje. Náš experiment je v tomto ve shodě s autory Hellström et. al a také v rozporu se studií Matthiese, neboť při vhodném načasování je ztráta hostitelů dokonce pro světlíky (hemiparazity) přínosná, což se projevuje zvýšeným počtem kvetoucích jedinců. Studie autorů Hellström et. al dále neoperuje s načasováním seče světlíků. Víme jen, že seč začala 28.6.2000, resp. 29.6.2001, ovšem nevíme, dokdy trvala. Dále autoři neuvádí alespoň nějaké trofické parametry půdy, v které experimenty probíhaly. Dále není uvedeno, zda půda, v které experimenty probíhaly, byla prostá kořenů a semen. Hlavním odlišným znakem je však prostředí. Zatímco náš experiment se odehrával v reálném prostředí, prostředí, ve kterém zkoumali autoři Hellström et. al, bylo experimentální. Dále naše práce není v rozporu s tvrzením, že v případě menšího poškození si světlíky zachovávají přiměřenou reprodukci semen. Naopak, vhodné načasování poškození může dokonce reprodukci světlíků zvýšit.

Další, alespoň zčásti podobnou studií, byla práce ze švédské univerzity v Uppsale (Svensson & Carlsson, 2005). Tito autoři zkoumali, jaký vliv má sečení (nesečení), délka fenologického vývoje a ponechání (odstranění) travní hmoty na početnost a plodnost hemiparazitů *E. stricta* var. *suecica*, *Rhinanthus serotinus* ssp. *vernalis* a *E. stricta* var. *tenuis*, a to na ostrově Gotland. Do jejich studie byly zahrnuty tři sečené lesnaté louky: Domerarve storänge, Öja (1.0 ha, na písčité půdě s *E. stricta* var. *tenuis* a *R. serotinus* subsp. *vernalis*), Bendes strandänge, Anga (8.3 ha) a Anga Prästänge, Anga (1.6 ha). Ty poslední dvě na vápenitých půdách s *E. stricta* var. *suecica* a *R. serotinus* subsp. *vernalis*.

Louky byly většinou bohaté na rostlinné druhy. V r. 1996 byla na všech políčkách o rozměru 50 x 50 cm sledována přítomnost/nepřítomnost všech druhů cévnatých rostlin, spolu s porostem bryofytů a holou zemí. Dominantními druhy na políčkách v Domerarve byly *Anthoxanthum odoratum*, *Festuca ovina*, *Trifolium pratense*, *T. repens* a *Plantago lanceolata*. Políčka v Bendes obsahovala asi 35 druhů cévnatých rostlin na políčko 50x50 cm. Nejprominentnější druhy byly *Sesleria uliginosa*, *Festuca ovina*, *Filipendula vulgaris*, *Trifolium pratense*, *Rhinanthus serotinus* subsp. *vernalis*, *Plantago lanceolata* a *Scorzonera humilis*. Vegetace v Anga byla podobná jako v Bendes. Běžné byly také *Carex montana* a *Sanguisorba officinalis*. Typické lesní druhy byly *Fraxinus excelsior*, *Quercus robur*, *Corylus avellana*, *Betula pendula* a (v Anga) *Pinus sylvestris*.

Tito autoři začátkem května v Bendes vykolíčkovali šest stálých políček (50x50 cm). V letech 1996-1998 byli od začátku května do poloviny července, tedy do doby seče, v desetidenních intervalech kontrolování všichni jedinci *E. stricta* var. *tenuis* a *R. serotinus* subsp. *vernalis*.

Rostliny byly seřazeny do kohort podle toho, kdy začaly klíčit; celkem bylo sledováno přibližně 2330 jedinců druhu *Euphrasia stricta* var. *suecica* a 1100 jedinců druhu *Rhinanthus serotinus* subsp. *vernalis*. Při jednotlivých kontrolách byly zjišťovány tyto údaje: výška rostliny, počet párů listů, pupenů, květů, plodů a větviček. V období let 1999-2003 na jaře autoři zjišťovali počet semenáčků druhu *Euphrasia* a v polovině července počet rostlin tohoto druhu v jednotlivých stupních vývoje a také počet jedinců druhu *Rhinanthus*.

Při každém sčítání byly zaznamenány podíly rostlin na jednotlivých stupních vývoje: vegetativní rostliny, rostliny s pupeny, květy, nezralé plody a rostliny s dozralými plody, tj. tobolek hnědé barvy obsahující zralá semena. Krom toho po většinu let v období 1995-2003 prováděli sčítání na pěti dalších políčkách stejného rozměru v Anga a Bendes, a to jednou na začátku sezóny, kdy byl sčítán počet semenáčků, a jednou těsně před sklizní, kdy byly zjišťovány vývojové stupně všech jedinců, jak uvedeno výše.

V polovině července 1997 bylo v Domerarve vykolíčkovali osm políček o rozměru 50x50 cm a vegetaci ostříhali nůžkami na trávu při výšce přibližně 3 cm. Ostříhaný materiál ze čtyř políček byl odstraněn a uložen do papírových pytlů. Potom byl materiál rozložen na listy novinového papíru a nechal se uvnitř místnosti asi dva týdny sušit. Seno, které zůstalo na zbylých čtyřech políčkách, se po tři dny jednou denně obracelo (jako napodobení tradičního sklizení). Čtvrtý den bylo i toto seno vloženo do papírových pytlů a bylo s ním nakládáno stejně jako s první várkou. Všichni jedinci druhů *Euphrasia stricta* var. *tenuis* a *Rhinanthus serotinus* subsp. *vernalis* z jednotlivých políček obsažení v seně byli spočítáni, stejně tak jako plody a semena.

V červnu 1997 bylo v Anga na ploše, kde se nevyskytoval druh *Euphrasia stricta* var. *suecica*, vykolíčkováno deset políček o rozměru 50x50 cm. V červenci, těsně před sklizní, byla z okolních míst na louce sebrána semena světlíků, a přibližně 370 semen bylo ručně vyseto do všech deseti políček. Vegetace byla mírně prohrábnuta, aby se semena dostala k půdě. Koncem září byla polovina políček sestřižena z původní výšky cca 10 cm na 3-5 cm a ostříhaný materiál byl odstraněn. To se v letech 1998 a 1999 opakovalo koncem srpna až začátkem září. V letech 1998-2001 byl v květnu spočítán počet semenáčků. V červenci, těsně před sečí, byl opět spočítán počet rostlin a zaznamenáno vývojové stádium jedinců.

Z výsledků těchto autorů vyplynulo, že velmi důležitá okolnost pro zdatnost jedince byla doba na jaře, kdy se objevil semenáček a začal růst. Jak u *E. stricta* var. *suecica*, tak u *R. serotinus* subsp. *vernalis* docházelo u každé následné kohorty k postupnému snižování zdatnosti. Často byla ta úplně první kohorta obzvláště úspěšná, zatímco ta poslední nebo dvě poslední kohorty vykazovaly

velmi nízké nebo nulové hodnoty zdatnosti. Křivky přežívání u rodu *Euphrasia* a rodu *Rhinanthus* vykazovaly pouze malou úmrtnost před sečí.

Z výsledků autorů je jasné, že velmi důležité pro udržení zkoumaných populací druhů *Euphrasia* a *Rhinanthus* je časný start na jaře. Často byla obzvláště úspěšná ta úplně první kohorta. Je však třeba si uvědomit, že tak vysokých hodnot R_0 se v terénu nikdy nedosáhne kvůli mortalitě semen, a v případě druhu *Rhinanthus* také proto, že některá semena vstupují do semenné banky. Dále autoři vyzdvihují důležitost jarního hrabání, které zvyšuje průnik světla do růstových míst tím, že se odstraní a rozdrtí úlomky a vrstvy mechu. Hrabání je prý zejména důležité, nedochází-li k následné pastvě, nebo neprovádí-li se na podzim druhé sečení louky, čímž se také snižuje množství úlomků, které se budou do příštího jara hromadit.

Dále uvádějí, že následná pastva je důležitá, protože snižuje tvorbu úlomků a vytváří v trávě holá místa, což umožňuje zakořenění semenáčů. Při pokusu s druhou sklizní, kdy se udržovala vegetace na malé výšce, autoři ukázali, že se tvorba semenáčků druhu *Euphrasia stricta* var. *suecica* zvýšila, stejně tak jako produkce semen.

Náš pokus se od pokusu autorů lišil designem pokusu i zkoumanými parametry. Náš pokus byl prováděn na více plochách v různých nadmořských výškách, expozicích a trofiích půd. Naše výzkumné čtverce měly větší plochu a navíc byly ohraničeny ochranným pásmem, které mělo eliminovat dopady okrajového efektu. Zatímco náš pokus zkoumal vliv doby seče na počet kvetoucích jedinců (a tím na jejich plodnost), autoři uvedené studie sekali vždy jednou, zato po dobu tří let. S uvedenými autory jsme ve shodě s tvrzením, že nižší okolní vegetace pozitivně ovlivňuje reprodukci světlíků, neboť naše výsledky mnohonásobné regrese prokazatelně ukazují negativní závislost výšky porostu na celkovém počtu kvetoucích světlíků. Ve shodě je naše práce i s tvrzením, že čím delší vegetační období bylo, tím větší byl počet semenáčků a celková plodnost, neboť naše pokusy pro později sekané světlíky znamenaly faktické zkrácení doby fenologického vývoje.

S autory jsme dále ve shodě s tvrzením, které uvádějí v části managementová doporučení, totiž škodlivost pevně stanoveného data seče. Pokud je datum sečení nastaveno do období pozdějšího fenologického vývoje hemiparasitů před uzráním semen, fakticky to znamená nulovou reprodukci.

5. 3. Naše výsledky

Termíny seče souvisí s fenologickým vývojem jedinců. Může nastat několik situací. V případě, že jsou semenáče menší, než byla výška seče, dojde k náhlému vstupu světla a převaze světlíků

v kompetici o světlo. Tento model v praxi znamená velký počet kvetoucích jedinců. Dalším modelem je situace, kdy sečení způsobí malé poškození světlíků, ale kompenzačními mechanismy se celková biomasa i počet semen může zvýšit, jak třeba ukazují autoři Hellström et. al (2004) na desetiprocentní míře apikálního poškození. Třetím modelem je pak velké poškození světlíků, které způsobí úplný úhyn rostliny nebo zpoždění růstu tak, že rostliny vykvetou velmi málo nebo nevykvetou vůbec, jak ukazuje např. studie autorů Hellström et. al při 50ti procentním apikálním poškození. Při seči však může dojít i k téměř stoprocentnímu poškození a tyto škody již rostliny nemusí být schopny kompenzovat vůbec. Výstupem mnohonásobné regrese našich dat z managementových pokusů je i signifikantně kladná závislost počtu kvetoucích světlíků na nadmořské výšce. Tuto závislost si vysvětlujeme rozdílným stupněm fenologického vývoje oproti světlíkům z nižších poloh. Tento výsledek byl ovlivněn patrně nejvíce daty z lokality Pěnkavčí vrch, která se nacházela nejvýše ze všech našich výzkumných ploch (1002 m n.m.). Nejenže na této lokalitě bylo nejvíce kvetoucích světlíků na čtverci sekaném nejdříve, ale i na čtverci sekaném nejpozději. Délku fenologického vývoje určuje především datum roztání sněhové pokrývky, které se vzhledem k výškovému rozpětí našich lokalit (660 m – 1002 m) může lišit i o měsíc. V praxi to může znamenat například to, že stupeň fenologického vývoje světlíků na prvním sekaném čtverci na nejnižší lokalitě může být velice podobný stupni fenologického vývoje na nejpozději sekaném čtverci nejvýše položené lokality. Této disproporci by šlo zabránit tak, že by doba seče začala na každé z lokalit stejně dlouho po roztání sněhové pokrývky. Ovšem i tak tomu nelze úplně zabránit, neboť fenologický vývoj závisí na době vyklíčení světlíků. V případě chladného jara tak může nastat klíčení ve stejnou dobu v místech, kde sníh roztál s například měsíčním intervalem. Prakticky však nebylo možno tuto skutečnost zohlednit, neboť práce byla zadána na podzim 2010 a výběr lokalit se uskutečnil na jaře 2011. Bohužel nebylo možné založit předem výzkumné plochy na vytipovaných místech v době těsně po roztání sněhové pokrývky, neboť zde nebyla jistota výskytu světlíků (jak již bylo řečeno, světlíky jsou jednoleté byliny), stejně tak by nebyla zaručena rovnoměrná distribuce světlíků na ploše. Nejvíce kvetoucích světlíků, zaznamenaných na lokalitě Pěnkavčí vrch, mohlo být důsledkem nejen časného fenologického stupně vývoje, ale též nejvyšší koncentrací dostupného fosforu ze všech našich výzkumných ploch. I když vychází signifikantně nižší koncentrace dostupného fosforu pro místa se světlíky než bez světlíků, je pravdou, že především pro kvetení rostliny musí nějaký fosfor být a je pro ně zásadně důležitý. Jedná se o rovnováhu koncentrací fosforu tak vysoké, že bude stačit na maximální kvetení světlíků, na druhou stranu nemůže být tak vysoká, aby znamenala vyšší a hustší vzrůst okolní vegetace a tím i horší kompetiční podmínky světlíku o světlo.

5. 4. Námi nalezené druhy světlíků ve srovnání s údaji z literatury

E.coerulea

V Květeně ČR je uvedeno, že současné rozšíření tohoto druhu v Krkonoších není v současné době známo. Naše práce však přináší dvě lokality výskytu. První na polské zeleně značené cestě mezi Poledním kamenem a Polanou nedaleko hrany karu Velkého Rybníka (obě místa nález 15.10.2011). Druhý výskyt byl zaznamenán nedaleko Pomezních Bud (nález 17.10.2011). Nejnovější nález tohoto druhu uvádí i Posz (2011) na pastvině v horní části obce Karpacz, ovšem to už je na území polského podhůří Krkonoš. Smejkal (1964) uvádí, že nejsou známy další ekologické nároky tohoto druhu. Byť jsou dvě místa nálezu málo na to, aby se dal vyvodit závěr, mohou naše údaje o pH, konduktivitě, dostupném fosforu a dalších parametrech v budoucnu posloužit ke složení mozaiky ze stejně malých počtů lokalit výskytu tohoto druhu.

E.curta

Smejkal (1964) uvádí, že tento druh nalezneme především na suchých loukách, pastvinách a okrajích cest. Z ordinačního RDA diagramu vyplývá shoda s výskytem na okrajích cest (margin). Výškové rozpětí jeho výskytu uvádí 450 – 900 – (1300 m). Naše nejvýše položená lokalita výskytu tohoto druhu je ve výšce 1321 m. Smejkal & Dvořáková (2000) pro tento druh uvádí v ČR nejvýše položené místo v cca 1100 metrech na vrcholu Radhoště. Námi objevená lokalita je však již několik stovek metrů za hranicí, v Polsku. Nejvýše položený, námi zaznamenaný výskyt tohoto druhu na české straně Krkonoš je pak ve výšce 1245 na Zadních Rennerovkách, a tak je tedy možné, že se jedná aktuálně o nejvyšší doložený výskyt tohoto druhu na české straně hor a možná i v České republice. Nálezy *E. nemorosa* autorky Posz z roku 2010 z karu Velkého Rybníka a od Sovího sedla (Posz, 2011) patří druhu, který je v české části pohoří chápán jako *E. curta*. Nález tohoto druhu v karu Velkého Rybníka se zdá být ve srovnání s našimi nálezy velmi pravděpodobný, neboť náš nález od Poledního kamene je velice blízko ke karu Velkého Rybníka. Smejkal (1964) jinak uvádí, že detailnější fytoocenologické ani ekologické charakteristiky nejsou k dispozici. Květena ČR udává podhorské a horské čerstvě vlhké až sušší louky a pastviny, travnaté lesní lemy a světliny a travnaté okraje komunikací. Naše práce přináší k tomuto druhu konkrétní hodnoty půdních parametrů pH, koncentrace dostupného fosforu, obsah uhlíku a hmotnostní zastoupení skeletu.

E.stricta

V Krkonoších byl doložen nejvýše v Labském dole ve výšce asi 1350 m Sterneckem v roce 1898 (Smejkal, 1964). Náš nejvýše objevený výskyt je ve výšce 1254 m, a to shodou náhod na české i polské straně hor. Smejkal & Dvořáková (2000) uvádí jako nejvyšší lokalitu v Krkonoších na Studniční hoře asi ve 1250 m. Dále uvádí výskyt na suchých loukách, pastvinách, vřesovištích, mezích, travnatých okrajích cest a lesních světlínách. Z našeho ordinačního RDA diagramu opět vychází shoda se zvýšeným výskytem na okrajích cest (margin). PCA diagram postihuje hojnější výskyt na ploškách do 0,5 ha, což je v souladu s výše uvedeným výskytem na mezích, lesních světlínách a travnatých okrajích cest. Smejkal (1964) uvádí tento světlík jako druh cirkumneutrálních půd. Naše nálezy *E.stricta* byly na půdách o pH mezi 7,87 – 6,43, tudíž je toto tvrzení v souladu s našimi výsledky. Nášim průzkumem bylo zjištěno 19 lokalit tohoto druhu. Určení druhu světlíka nedaleko boudy Jelenka jako *E. stricta* je v souladu s poznatkem Posz (2011), která v nález ze srpna 2010 z této lokality popisuje také *E.stricta*. Nálezy tohoto druhu na parkovišti u Pomezních Bud je také ve shodě s Posz (2011), neboť tento druh popisuje v nález, který učinila v srpnu 2010 na modře značené cestě z Przelez Okraj na Skalny Stół kousek od Przelez Okraj, což je situováno velmi blízko od místa našich nálezů *E. stricta* na Pomezních Boudách.

E. rostkoviana

Tvrzení, že je spolu s *Euphrasia stricta* naším nejhojnějším světlíkem (Smejkal, 1964) podle našich dat můžeme vztáhnout i na území Krkonoš. Z celkových 53 námi objevených míst se světlíky patřilo 21 *E.rostkoviana* a 19 *E.stricta*. Pro oblast jihozápadního Německa charakterizuje Oberdorfer (Oberdorfer, 1949) *Euphrasia rostkoviana* jako rostlinu mírně hnojených luk, dále neúrodných luk, zvláště na nevápenných a minerálních, jílovitých a písčito-jílovitých, mírně kyselých, humosních půdách. Smejkal (Smejkal, 1964) se s Oberdorferem v této ekologicko-fytocenologické charakteristice shoduje. Smejkal & Dvořáková pak uvádí mj. výskyt i na extenzivně obhospodařovaných loukách, smilkových loukách subalpínského stupně a půdách vlhkých až vysychavých, obvykle mírně kyselých, živinami slabě až středně zásobených (Smejkal & Dvořáková, 2000). Naše výsledky jsou v zásadě ve shodě s těmito údaji. Podle PCA diagramu se *E.roskovinana* vyskytuje spíše na humosnějších půdách se severní expozicí. Stejně tak diagram RDA ukazuje vzrůstající abundanci tohoto druhu s vyšším podílem uhlíku. Průměrné pH půd s výskytem tohoto druhu je podle našich dat 6,65, avšak výskyt byl zaznamenán i na místech s pH

nižším. Konkrétně nejnižší bylo pH 5,49. Průměrná koncentrace dostupného fosforu byla 7,68 mg/kg.

6. Závěr

Cíle této práce spočívaly ve vytvoření vrstvy GIS se současným výskytem světlíků v Krkonoších. Byly nalezeny a zdokumentovány čtyři druhy světlíků a zaměřeny GPS souřadnice v místech jejich nálezu. Tuto vrstvu naleznete v části Přílohy na konci této práce. V místech nálezu světlíků byla odebrána půda a ta analyzována. Stejně tak byly odebrány půdní vzorky na místech bez světlíků, která byla ale blízko a podobná místům se světlíky. Tyto půdy byly rovněž analyzovány. Celkem je tedy k dispozici 107 půdních vzorků a jejich analýzy. Tyto vzorky jsou uskladněny k případnému dalšímu analyzování dalších parametrů. Tento fakt může být využit například pro tvorbu vrstvy GIS, kde by byly promítnuty námi zjištěné parametry půdy. Za určitou časovou periodu je možné odebrat půdní vzorky na místech našich odběrů a porovnat vývoj vybraných půdních parametrů. Dále byl splněn cíl vytvoření fytocenologických snímků v místech managementových pokusů. Tyto snímky naleznete v části přílohy na konci této práce. Na pětiprocentní hladině významnosti byly potvrzeny naše hypotézy, že světlíky preferují místa s vyšším pH a že se vyskytují na místech s nižší koncentrací fosforu.

Za hlavní přínos této práce však považujeme ověření hypotézy, že kvetení světlíků je velmi závislé na termínu seče porostu, ve kterém se vyskytují a že dřívější termín seče má za následek vyšší počet kvetoucích světlíků. Naopak pozdější termín sekání negativně ovlivňuje počet světlíků a tím je výrazně potlačena možnost reprodukce, což má pro tyto jednoleté rostliny zásadní význam. Tyto pokusy byly provedeny na šesti blocích o pěti plochách na území západních i východních Krkonoš, v různých nadmořských výškách, na různých matečních horninách a půdách s pH od 5,78 do 7,65. Na základě této skutečnosti navrhujeme managementová opatření pro místa s výskytem světlíků, ale i dalších hemiparazitů. Jak bylo popsáno v části Diskuse od jiných autorů, výskyt hemiparazitů může zvyšovat biodiverzitu habitatů, v kterých se vyskytují. Děje se tak potlačením kompetičně silnějších druhů ve prospěch druhů kompetičně slabších. Vhodný termín seče luk v Krkonoších tak může výrazným způsobem přispět k podpoře nejen výskytu světlíků, které jsou několik posledních dekad na ústupu, ale i k podpoře biodiverzity lučních ekosystémů jako takové. Pro takové louky navrhujeme termín seče někdy kolem poloviny června, což, jak prokázaly naše pokusy, má za následek maximální počet kvetoucích světlíků. Toto pravidlo platí pro celé území Krkonoš ve směru západ východ, pro různé nadmořské výšky i pro různé půdy, od poměrně kyselých až po půdy na vápenci. Musí být také splněna podmínka odklizení travní hmoty ze sekaných ploch.

7. Seznam použité literatury

1. Callaway, R. M., & Pennings, S. C. (1998): Impact of parasitic plant on the zonation of two salt marsh perennials. *Oecologia*, 114: 100–105.
2. Čeřovský J., Feráková V., Holub J., Maglocký Š. et Procházka F. (1999): Červená kniha ohrožených a vzácných druhů rostlin a živočichů ČR a SR, Vol. 5., Vyšší rostliny. Příroda a.s., Bratislava, 456 p.
3. Davies, D. M., Graves, J. D., Elias, C. O., & Williams, P. J. (1997): The impact of *Rhinanthus* spp. on sward productivity and composition: Implications for the restoration of species-rich grasslands. *Biological Conservation*, 82, 87–93.
4. Chudnicka, A. & Matysik, G. (2005): Research of enzymatic activities of fresh juice and water infusions from dry herbs. *Journal of Ethnopharmacology* 99 : 281–286.
5. Dvořáková, M. (1999): *Euphrasia corcontica*, eine endemische Art aus dem Gebirge Krkonoše (Riesengebirge, Westsudeten). *Preslia* 71: 33-35.
6. Gussarova, G., Popp, M., Vitek, E. & Brochman, Ch. (2008): Molecular phylogeny and biogeography of the bipolar *Euphrasia* (Orobanchaceae): Recent radiations in an old genus *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 48 (II): 444-460.
7. Heiri, O., Lottin F. A. & Lemcke, G. (2001): Loss on ignition as a method for estimating organic and carbonate content in sediments: reproducibility and comparability of results. *Journal of Paleolimnology* 25: 101–110. Kluwer Academic Publishers, Netherlands.
8. Hellström K., Rautio, P., Huhta, A. & Tuomi, J. (2004): Tolerance of an annual hemiparasite, *Euphrasia stricta* agg., to simulated grazing in relation to the host environment. *Flora* 199: 247-255.
9. Hennekens, S.; Schaminée, M. & Joop, H. J. (2001): Turboveg for Windows. *Journal of Vegetation Science* 12: 589-591.

10. Jeník, J. (1961): *Alpínská vegetace Krkonoš, Králického Sněžníku a Hrubého Jeseníku*. nakl. ČSAV, Praha, 412 p.
11. Kayne B. S. (2006): Chapter 11 - Homeopathic research *Homeopathic Pharmacy* 2: 269-320.
12. Kwiatkowski, P. (2008): *Rośliny naczyniowe Karkonoszy i Podgórze Karkonoskiego*. *Przyroda Sudetów*. 11: pp. 3-42
13. Matthies, D. (1995): Parasitic and competitive interactions between the hemiparasites *Rhinanthus serotinus* and *Odontites rubra* and their host *Medicago sativa*. – *Journal of Ecology* 83: 245–251.
14. Mindel S.J. (2001): *Complementary and Alternative Medicine For Glaucoma*. *Survey of ophthalmology* 46/1: 43-55.
15. Oberdorfer, E.(1949): *Pflanzensoziologische Exkursionsflora für Südwestdeutschland und die angrenzenden Gebiete*. Ludwigsburg.
16. Porchezian, E. & Ansari, U. (2000): Antihyperglycemic activity of *Euphrasia officinale* leaves, *Fitoterapia* 71: 522-526.
17. Posz, E. (2010): *Euphrasia minima* Jacq. (Orobanchaceae) w Karkonoskim Parku Narodowym. *Opera Corcontica* 47/2010 Suppl. 1: 153–158.
18. Posz, E. (2011): Materiały do rozmieszczenia gatunków rodzaju *Euphrasia* L. (Scrophulariaceae) w Karkonoszach. Cz. 2. *Przyroda Sudetów* 14: 27-30.
19. Slavík, B. et. a kolektiv (2000): *Květena České republiky* 6. Academia, Praha, 770 p.
20. Smejkal, M. (1963): Taxonomická studie československých druhů rodu *Euphrasia*. *Biologické práce* IX (9), 5-83.

21. Smejkal, M. (1964): Rozšíření a ekologicko-fytocenologická charakteristika československých světlíků (*Euphrasia*). Spisy přírodovědecké univerzity J. E. Purkyně v Brně IV (4), 173-215.
22. Svensson M. B. & Carlsson A.B. (2005): How can we protect rare hemiparasitic plants? Early-flowering taxa of *Euphrasia* and *Rhinanthus* on the baltic island of Gotland. *Folia Geobotanica* 40: 261-272. 40. 261-272, 2005
23. Štursa J., Kwiatkowski P., Harčarik J., Zahradníková J. et Krahulec F. (2009): Černý a červený seznam cévnatých rostlin Krkonoš. *Opera Corcontica*. 46: 67-104.
24. Ter-Braak, C. J. F. (1995): Data analysis in community and landscape ecology. Cambridge University Press, Cambridge, 299 pp
25. Tichý, L. (2002): JUICE, software for vegetation classification. *Journal of Vegetation Science*, 13: 451–453.
26. Yeo, P. F. (1978): A taxonomic revision of *Euphrasia* in Europe. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 77: 223–334.
27. Yeo, P.F. (1961): Germination, seedlings, and the formation of haustoria in *Euphrasia*, *Watsonia* 5: 13-22.
28. Wettstein, R. V. (1896): Monographie der Gattung *Euphrasia*. Leipzig.
29. Zarycki, K., Wojewoda, W. (1986): Lista roślin wymierających i zagrożonych w Polsce. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa, 127 p.
30. Zbíral, J., Honsa a kol. (2010) Analýza půd I. Jednotné pracovní postupy. ÚKZUZ, Brno.

8. Přílohy

V přílohách 1 až 7 naleznete soupisy cévnatých rostlin z výzkumných ploch a popis základních environmentálních ukazatelů. Vysvětlivky: Expozice: Z = západ, S = sever V = východ J = jih

VP: zjištěná koncentrace dostupného fosforu podle metody Mehlich III, [mg/kg]

Nejbližší louka: Vzdálenost fytocenologického snímku od středu nejbližší louky, [m]

Management: Způsob péče o louku, na které se nachází fytocenologický snímek

GPS: GPS souřadnice snímku pro severní zeměpisnou šířku a východní délku v celých stupních, [°]

pH: záporně vzatý dekadický logaritmus aktivity oxoniových kationtů, viz. kapitola Metodika

LOI: úbytek organické hmoty vyjádřený v hmotnostních procentech, [% hm.], viz. kapitola Metodika

Skelet: hmotnostní podíl částic o velikosti ≥ 2 mm a celkové hmotnosti vzorku, [% hm.], viz. kapitola Metodika

Výška porostu: průměrné výška porostu na ploše snímku

Příloha č. 1: Charakteristiky lokality Albeřice

Lokalita Albeřice	GPS: N 50.694639° E 15.849528°
Expozice: Z	pH: 7,65
Nadmořská výška: 783 m	LOI :21,83 % (hm.)
Plocha snímku: 1,5 x 7,5 m	Skelet: 15,48 % (hm.)
VP (mg/kg) 0.00	Konduktivita: 354 µS
Nejbližší louka: 53 m	Výška porostu: < 20 cm
Management: pastva a seč	Densita porostu: řídký
Autor: František Krahulec, Jan Blahník	Datum: 7.6.2011
<i>Aegopodium podagraria</i>	+
<i>Alchemilla</i> sp.	+
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	+
<i>Anthyllis vulneraria</i>	+
<i>Arrhenatherum elatius</i>	+
<i>Briza media</i>	+
<i>Campanula rapunculoides</i>	+
<i>Cardaminopsis Halerii</i>	+
<i>Carex panicea</i>	+
<i>Carex pilulifera</i>	+
<i>Carlina acaulis</i>	+
<i>Carum carvi</i>	+
<i>Centaurea scabiosa</i>	+
<i>Cerastium arvense</i>	+
<i>Cerastium holosteloides</i>	+
<i>Dactylis glomerata</i>	+
<i>Festuca rubra</i>	+
<i>Fragaria vesca</i>	+
<i>Galium mollugo</i>	+

<i>Gymnadenia conopsea</i>	+
<i>Heracleum sphondylium</i>	+
<i>Leucanthemum ircutianum</i>	+
<i>Knautia arvensis</i>	+
<i>Leontodon hispidus</i>	+
<i>Linum catharticum</i>	+
<i>Lotus corniculatus</i>	+
<i>Medicago lupulina</i>	+
<i>Pimpinella major</i>	+
<i>Plantago lanceolata</i>	+
<i>Plantago media</i>	+
<i>Poa pratensis</i>	+
<i>Polygala vulgaris</i>	+
<i>Potentilla erecta</i>	+
<i>Prunella vulgaris</i>	+
<i>Ranunculus acris</i>	+
<i>Rumex acetosa</i>	+
<i>Taraxacum</i> sect. <i>Ruderalia</i>	+
<i>Thymus pulegioides</i>	+
<i>Trifolium montanum</i>	+
<i>Trifolium pratense</i>	+
<i>Trisetum flavescens</i>	+
<i>Vicia cracca</i>	+

Příloha č. 2: Charakteristiky lokality Benecko II

Lokalita Benecko II	GPS: N 50.67761° E 15.545694°
Expozice: JZ	pH: 6.11
Nadmořská výška: 655 m	LOI: 27.42 % (hm.)
Plocha snímku: 1,5 x 7,5 m	Skelet: 11.54 % (hm.)
VP: 0.98 mg/kg	Konduktivita: 117 µS
Nejbližší louka: 46 m	Výška porostu: 20-50 cm
Management: seč	Densita porostu: hustý
Autor: František Krahulec, Jan Blahník	Datum: 7.6.2011
<i>Agrostis capillaris</i>	+
<i>Achillea millefolium</i>	+
<i>Alchemilla</i> sp.	+
<i>Alopecurus pratensis</i>	+
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	+
<i>Campanula rotundifolia</i>	+
<i>Carlina acualis</i>	+
<i>Crepis mollis</i> ssp. <i>hieracioides</i>	+
<i>Dactylis glomerata</i>	+
<i>Festuca rubra</i>	+
<i>Geranium sylvaticum</i>	+
<i>Hieraceum laevigatum</i>	+
<i>Hypochaeris radicata</i>	+
<i>Knautia arvensis</i>	+
<i>Lychnis flos-cuculi</i>	+
<i>Phyteuma spicatum</i>	+
<i>Plantago lanceolata</i>	+
<i>Polygonum bistorta</i>	+

<i>Ranunculus acris</i>	+
<i>Rumex acetosa</i>	+
<i>Taraxacum</i> sect. <i>Ruderalia</i>	+
<i>Trifolium pratense</i>	+
<i>Trifolium repens</i>	+
<i>Trisetum flavescens</i>	+
<i>Veronica chamaedrys</i>	+
<i>Veronica officinalis</i>	+
<i>Vicia cracca</i>	+

Příloha č. 3: Charakteristiky lokality Benecko I

Snímek č. 3: Lokalita Benecko I	GPS: N 50.65014° E 15.567194°
Expozice: JZ	pH: 6.16
Nadmořská výška: 680 m	LOI: 14.15 % (hm.)
Plocha snímku: 1,5 x 7,5 m	Skelet: 20.33 % (hm.)
VP: 0.29 mg/kg	Konduktivita: 117 µS
Nejbližší louka: 45 m	Výška porostu: > 51 cm
Management: seč	Densita porostu: hustý
Autor: František Krahulec, Jan Blahník	Datum: 7.6.2011
<i>Agrostis capillaris</i>	+
<i>Achillea millefolium</i>	+
<i>Alchemilla</i> sp.	+
<i>Alopecurus pratensis</i>	+
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	+
<i>Briza media</i>	+
<i>Campanula patula</i>	+
<i>Campanula rotundifolia</i>	+
<i>Cardaminopsis Halerii</i>	+
<i>Carlina acaulis</i>	+
<i>Cerastium holosteoides</i>	+
<i>Crepis mollis</i> ssp. <i>hieracioides</i>	+
<i>Dactylis glomerata</i>	+
<i>Equisetum arvense</i>	+
<i>Festuca rubra</i>	+
<i>Geranium sylvaticum</i>	+
<i>Hieraceum laevigatum</i>	+
<i>Hypochaeris radicata</i>	+
<i>Leucanthemum ircutianum</i>	+
<i>Knautia arvensis</i>	+

<i>Lathyrus pratensis</i>	+
<i>Leontodon hispidus</i>	+
<i>Lusula multiflora</i>	+
<i>Lychnis flos-cuculi</i>	+
<i>Phyteuma spicatum</i>	+
<i>Pimpinella major</i>	+
<i>Plantago lanceolata</i>	+
<i>Polygonum bistorta</i>	+
<i>Potentilla erecta</i>	+
<i>Ranunculus acris</i>	+
<i>Rumex acetosa</i>	+
<i>Stellarium graminea</i>	+
<i>Taraxacum</i> sect. <i>Ruderalia</i>	+
<i>Trifolium pratense</i>	+
<i>Trifolium repens</i>	+
<i>Trisetum flavescens</i>	
<i>Veronica chamaedrys</i>	
<i>Veronica officinalis</i>	

Příloha č. 4: Charakteristiky lokality Jana

Snímek č. 4: Lokalita Jana	GPS: N 50.69033° E 15.794972°
Expozice: V	pH: 5.81
Nadmořská výška: 900 m	LOI: 14.37% (hm.)
Plocha snímku: 1,5 x 7,5 m	Skelet: 4.92 % (hm.)
VP: 5.81 mg/kg	Konduktivita: 72 µS
Nejbližší louka: 84 m	Výška porostu: 21-50 cm
Management: seč	Densita porostu: hustý
Autor: František Krahulec, Jan Blahník	Datum: 14.6.2011
<i>Agrostis capillaris</i>	+
<i>Achillea millefolium</i>	+
<i>Alchemilla</i> sp.	+
<i>Anemone nemorosa</i>	+
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	+
<i>Campanula rotundifolia</i>	+
<i>Cardamine pratensis</i>	+
<i>Carex pilulifera</i>	+
<i>Crepis mollis</i> ssp. <i>hieracioides</i>	+
<i>Deschampsia caespitosa</i>	+
<i>Festuca rubra</i>	+
<i>Geranium sylvaticum</i>	+
<i>Hieracium iseranium</i>	+
<i>Hieracium pilosella</i>	+
<i>Hypericum maculatum</i>	+
<i>Leontodon hispidus</i>	+
<i>Luzula luzuloides</i>	+
<i>Luzula multiflora</i>	+

<i>Nardus stricta</i>	+
<i>Plantago lanceolata</i>	+
<i>Poa pratensis</i>	+
<i>Polygonum bistorta</i>	+
<i>Potentilla aurea</i>	+
<i>Potentilla erecta</i>	+
<i>Ranunculus acris</i>	+
<i>Rhynanthus minor</i>	+
<i>Rumex acetosa</i>	+
<i>Trifolium repens</i>	+
<i>Vaccinium myrtillus</i>	+
<i>Veronica chamaedrys</i>	+
<i>Hieracium laevigatum</i>	+

Příloha č. 5: Charakteristiky lokality Sklenářovice

Snímek č.5: Lokalita Sklenářovice	GPS: N 50.64597° E 15.856°
Expozice: J	pH: 6.19
Nadmořská výška: 903 m	LOI: 18.5481 % (hm.)
Plocha snímku: 1,5 x 7,5 m	Skelet: 15.34 % (hm.)
VP: 0.00 mg/kg	Konduktivita: 12 µS
Nejbližší louka: 100 m	Výška porostu: > 51 cm
Management: pastva a seč	Densita porostu: hustý
Autor: František Krahulec, Jan Blaník	Datum: 7.6.2011
<i>Ajuga reptans</i>	+
<i>Alchemilla</i> sp.	+
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	+
<i>Arrhenatherum elatius</i>	+
<i>Campanula patula</i>	+
<i>Campanula rotundifolia</i>	+
<i>Cardaminopsis halerii</i>	+
<i>Carlina acaulis</i>	+
<i>Crepis biennis</i>	+
<i>Crepis conysifolia</i>	+
<i>Crepis mollis</i> ssp. <i>hieracioides</i>	+
<i>Dianthus deltoides</i>	+
<i>Festuca rubra</i>	+
<i>Geranium sylvaticum</i>	+
<i>Hieracium floribundum</i>	+
<i>Hieracium laevigatum</i>	+
<i>Hypericum maculatum</i>	+
<i>Knautia arvensis</i>	+

<i>Lathyrus pratensis</i>	+
<i>Luzula luzuloides</i>	+
<i>Poa humilis</i>	+
<i>Phyteum spicatum</i>	+
<i>Pimpinella major</i>	+
<i>Plantago lanceolata</i>	+
<i>Poa pratensis</i>	+
<i>Polygonum bistorta</i>	+
<i>Potentilla erecta</i>	+
<i>Ranunculus acris</i>	+
<i>Ranunculus platanifolius</i>	+
<i>Ranunculus repens</i>	+
<i>Rhinanthus minor</i>	+
<i>Trisetum flavescens</i>	+
<i>Veronica chamaedrys</i>	+
<i>Vicia cracca</i>	+

Příloha č. 6: Charakteristiky lokality Pěnkavčí vrch

Snímek č. 6: Pěnkavčí vrch	GPS: N 50.696611° E 15.787972°
Expozice: J	pH: 5.78
Nadmořská výška: 1002 m	LOI: 16.1613 % (hm.)
Plocha snímku: 1,5 x 7,5 m	Skelet: 6.3664 % (hm.)
VP: 0.06 mg/kg	Konduktivita: 80 µS
Nejbližší louka: 206 m	Výška porostu: 21-50 cm
Management: seč	Densita porostu: hustý
Autor: František Krahulec, Jan Blahník	Datum: 14.6.2011
<i>Agrostis capillaris</i>	+
<i>Ajuga reptans</i>	+
<i>Alchemilla</i> ssp.	+
<i>Anemone nemorosa</i>	+
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	+
<i>Campanula bohemica</i>	+
<i>Campanula patula</i>	+
<i>Carex pillulifera</i>	+
<i>Crepis mollis</i> ssp. <i>hieracioides</i>	+
<i>Deschampsia caespitosa</i>	+
<i>Festuca rubra</i>	+
<i>Hieracium iseranum</i>	+
<i>Hieracium laevigatum</i>	+
<i>Hieracium lachenalii</i>	+
<i>Hieracium pillosela</i>	+
<i>Hieracium rubrum</i>	+
<i>Leucanthemum ircutianum</i>	+
<i>Luzula multiflora</i>	+

<i>Maianthemum bifolium</i>	+
<i>Nardus stricta</i>	+
<i>Plantago lanceolata</i>	+
<i>Poa pratensis</i>	+
<i>Potentilla aurea</i>	+
<i>Potentilla erecta</i>	+
<i>Ranunculus acris</i>	+
<i>Trifolium pratense</i>	+
<i>Trisetum flavescens</i>	+
<i>Vaccinium myrtillus</i>	+
<i>Veronica chamaedrys</i>	+
<i>Veronica officinalis</i>	+
<i>Viola lutea</i>	+

Příloha č. 7: Souhrnný fytocenologický snímek pro všechny lokality

Lokalita;Albeřice;Benecko II;Benecko I;Jana;Sklenářovice;Pěnkavčí vrch

Nadmořská výška (m);783;655;680;900;903;1002

Expozice;Z;JZ;JZ;V;J;J

Plocha snímku: 11,25 m²

Rozloha louky (ha);31.50;5.50;3.56;9.63;90.56;17.81

N;50.694639;50.67761;50.65014;50.69033;50.64597;50.696611

E;15.849528;15.545694;15.567194;15.794972;15.856;15.787972

VP (mg/kg);0.00;0.98;0.29;0.00;0.00;0.06

pH;7.87;6.11;6.16;5.81;6.19;5.78

LOI (%);21.8303;27.4200;14.1500;14.3700;18.5481;16.1613

Skelet (%);15.4794;11.5400;20.3300;4.9200;15.3400;6.3664

Frakce (%);84.5206;88.4600;79.6700;95.0800;84.6600;93.6336

Konduktivita (μS);354;117;117;72;12;80

Vzdálenost od nejbližší louky (m);53;46;45;84;100;206

Výška porostu;< 20 cm;20 - 50 cm;>51 cm;21 - 50 cm;> 51cm;21 - 50 cm

Management;pasený i sečený;sečený;sečený;sečený;pasený i sečený;sečený

<i>Hieracium laevigatum</i>	0	1	1	1	1	1
<i>Deschampsia caespitosa</i>	0	0	0	1	0	0
<i>Maianthemum bifolium</i>	0	0	0	0	0	1

<i>Trifolium pratense</i>	1	1	1	0	0	1
<i>Cardaminopsis halleri</i>	1	0	1	0	1	0
<i>Plantago lanceolata</i>	1	1	1	1	1	1
<i>Leontodon hispidus</i>	1	0	1	1	0	0
<i>Leucanthemum</i>	1	0	1	0	0	1
<i>ircutianum</i>						
<i>Briza media</i>	1	0	1	0	0	0
<i>Vicia cracca</i>	1	1	0	0	1	0
<i>Trisetum flavescens</i>	1	1	1	0	1	1
<i>Dactylis glomerata</i>	1	1	1	0	0	0
<i>Ranunculus acris</i>	1	1	1	1	1	1
<i>Poa pratensis</i>	1	0	0	1	1	1
<i>Alopecurus pratensis</i>	0	1	1	0	0	0
<i>Veronica chamaedrys</i>	0	1	1	1	1	1
<i>Geranium sylvaticum</i>	0	1	1	1	1	0
<i>Phyteuma spicatum</i>	0	1	1	0	1	0
<i>Crepis mollis</i> ssp.	0	1	1	1	1	1
<i>hieracioides</i>						
<i>Trifolium repens</i>	0	1	1	1	0	0
<i>Agrostis capillaris</i>	0	1	1	1	0	1
<i>Achillea millefolium</i>	0	1	1	1	0	0

<i>Campanula patula</i>	0	0	1	0	1	1
<i>Lathyrus pratensis</i>	0	0	1	0	1	0
<i>Ajuga reptans</i>	0	0	0	0	1	1
<i>Potentilla erecta</i>	1	0	0	1	1	0
<i>Carex pilulifera</i>	1	0	0	1	0	1
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	1	1	1	1	1	1
<i>Veronica officinalis</i>	0	1	1	0	0	1
<i>Polygonum bistorta</i>	0	1	1	1	1	0
<i>Campanula rotundifolia</i>	0	0	1	1	1	0
<i>Potentilla aurea</i>	0	0	0	1	0	1
<i>Nardus stricta</i>	0	0	0	1	0	1
<i>Vaccinium myrtillus</i>	0	0	0	1	0	1
<i>Dianthus deltoides</i>	0	0	0	0	1	0
<i>Anthyllis vulneraria</i>	1	0	0	0	0	0
<i>Prunella vulgaris</i>	1	0	0	0	0	0
<i>Campanula rapunculoides</i>	1	0	0	0	0	0
<i>Gymnadenia conopsea</i>	1	0	0	0	0	0
<i>Carum carvi</i>	1	0	0	0	0	0
<i>Galium mollugo</i>	1	0	0	0	0	0
<i>Carex panicea</i>	1	0	0	0	0	0
<i>Trifolium montanum</i>	1	0	0	0	0	0
<i>Centaurea scabiosa</i>	1	0	0	0	0	0
<i>Cerastium arvense</i>	1	0	0	0	0	0
<i>Aegopodium podagraria</i>	1	0	0	0	0	0
<i>Linum catharticum</i>	1	0	0	0	0	0
<i>Plantago media</i>	1	0	0	0	0	0
<i>Lotus corniculatus</i>	1	0	0	0	0	0
<i>Polygala vulgaris</i>	1	0	0	0	0	0
<i>Heracleum sphondylium</i>	1	1	0	0	0	0
<i>Cerastium holosteoides</i>	1	0	1	0	0	0
<i>Arrhenatherum elatius</i>	1	0	0	0	1	0
<i>Fragaria vesca</i>	1	1	0	0	0	0
<i>Medicago lupulina</i>	1	1	0	0	0	0
<i>Alchemilla species</i>	1	1	1	1	1	1
<i>Thymus pulegioides</i>	1	1	0	0	0	0
<i>Knautia arvensis</i>	1	1	1	0	1	0
<i>Rumex acetosa</i>	1	1	1	1	0	0
<i>Taraxacum sect.</i>	1	1	1	0	0	0
<i>Ruderalia</i>						
<i>Carlina acaulis</i>	1	1	1	0	1	0
<i>Hypochaeris radicata</i>	0	1	1	0	0	0
<i>Lychnis flos-cuculi</i>	0	1	1	0	0	0
<i>Equisetum arvense</i>	0	0	1	0	0	0
<i>Pimpinella major</i>	0	0	1	0	0	0
<i>Stellaria graminea</i>	0	0	1	0	0	0
<i>Hypericum maculatum</i>	0	0	0	1	1	0
<i>Hieracium iseranum</i>	0	0	0	1	0	1
<i>Anemone nemorosa</i>	0	0	0	1	0	1

<i>Luzula luzuloides</i>	0	0	0	1	1	0
<i>Rhinanthus minor</i>	0	0	0	1	1	0
<i>Hieracium pilosella</i>	0	0	0	1	0	0
<i>Cardamine pratensis</i>	0	0	0	1	0	0
<i>Crepis conyzifolia</i>	0	0	0	0	1	0
<i>Poa humilis</i>	0	0	0	0	1	0
<i>Ranunculus platanifolius</i>	0	0	0	0	1	0
<i>Crepis biennis</i>	0	0	0	0	1	0
<i>Ranunculus repens</i>	0	0	0	0	1	0
<i>Hieracium floribundum</i>	0	0	0	0	1	0
<i>Hieracium rubrum</i>	0	0	0	0	0	1
<i>Hieracium lachenalii</i>	0	0	0	0	0	1
<i>Campanula bohemica</i>	0	0	0	0	0	1
<i>Viola lutea</i>	0	0	0	0	0	1

Současný výskyt světlíků v Krkonoších

